Cerdas Belajar IPA

VIII

Untuk SMP/MTs Kelas VIII

Agung Wijaya • Budi Suryatin
Das Salirawati

Cerdas Belajar IPA

untuk SMP/MTs Kelas VIII

Cerdas Belajar IPA

untuk SMP/MTs Kelas VIII

Agung Wijaya

Budi Suryatin

Das Salirawati

Cerdas Belajar IPA

untuk SMP/MTs Kelas VIII

Agung Wijaya
Budi Suryatin
Das Salirawati

Editor: Oktarina Heriyani
Penata isi: Mindra Purnomo
Desainer sampul: Tim Artistik Grasindo
Ilustrator: Tim Artistik Grasindo

500.07
Agu Agung Wijaya
c Cerdas Belajar IPA VIII : Untuk SMP/MTs Kelas VIII / Agung Wijaya, Budi Suryatin, Das Salirawati ; Editor Oktarina Heriyani ; Ilustrator Tim Artistik Grasindo. -- Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
vi, 371 hlm. : ilus. ; 25 cm.

Bibliografi : hlm.359
Indeks
ISBN 978-979-068-125-8

1. Sains-Studi dan Pengajaran 2. Suryatin, Budi 3. Salirawati, Das
3. Heriyani, Oktarina 4. Judul

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2009

Diperbanyak oleh ....

Daftar Isi

Kata Sambutan

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2008, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (website) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/ /penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (down load), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditet apkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta,Februari

2009

Kepala Pusat

Perbukuan

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan penulisan buku Cerdas Belajar IPA untuk SMP/MTs ini. Rasa syukur kami panjatkan juga seiring dengan salah satu tujuan pelajaran IPA, yaitu membentuk sikap positif terhadap IPA dengan menyadari keteraturan dan keindahan alam serta mengagungkan kebesaran Tuhan Yang Maha Esa.

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) berkaitan dengan cara mencari tahu tentang alam secara sistematis sehingga IPA bukan hanya sekadar penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep, atau prinsip-prinsip saja, tetapi juga merupakan suatu proses penemuan.

Buku ini menekankan pada penguasaan kompetensi yang harus dicapai peserta didik. Oleh karena itu, proses pembelajarannya berupa pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi tersebut. Diharapkan, melalui buku IPA ini peserta didik mampu memperoleh pemahaman lebih mendalam tentang alam sekitar. Dengan demikian, IPA dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Peserta didik juga diharapkan dapat belajar tentang salingtemas (Sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat) secara terpadu yang diarahkan pada pengalaman belajar untuk merancang dan membuat suatu karya melalui penerapan konsep IPA dan kompetensi bekerja ilmiah secara bijaksana.

Penulis berharap semoga buku ini dapat memberikan inspirasi pada terciptanya sebuah pembelajaran IPA yang mencerdaskan peserta didik. Saran dan kritik untuk perbaikan buku ini sangat kami harapkan.

Salam pendidikan,

Penulis

Pendahuluan

IPA Terpadu merupakan cabang Ilmu Pengetahuan Alam yang menjadi salah satu penentu perkembangan teknologi. Banyak temuan di bidang IPA yang menandai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. IPA mengajarkan bagaimana manusia bisa hidup selaras dengan alam.

Belajar IPA tidak hanya berkutat dengan ilmu yang seolah-olah tanpa makna. Namun, jika kita bisa mengaitkannya dengan kehidupan sehari-hari maka belajar IPA akan menjadi lebih bermakna. Berdasarkan fenomena-fenomena alam yang ada, kita dapat menemukan dan merumuskan pengetahuan yang bermanfaat agar kita bisa hidup selaras dengan alam.

Buku Cerdas Belajar IPA untuk SMP/MTs ini disusun berdasarkan Standar Isi yang tertuang dalam Permendiknas Nomor 22 tahun 2006, khususnya Mata Pelajaran IPA SMP/MTs. Penyajian menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi agar peserta didik dapat menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah.

Penyajian materi dalam buku ini dilengkapi beberapa bagian, yaitu sebagai berikut.

1. **Tujuan**
   Memberikan gambaran target yang akan dicapai pengguna buku setelah mempelajari materi dalam setiap bab.
2. **Advance Organizer**
   Berupa gambar atau foto yang dapat menarik peserta didik untuk mempelajari materi bab. Di bawah gambar disajikan uraian berupa deskripsi gambar, pertanyaan, atau ungkapan untuk menggugah minat peserta didik dalam mempelajari materi bab tersebut.
3. **Peta Konsep**
   Memberikan gambaran secara umum tentang materi yang akan dipelajari dan keterkaitannya dalam setiap bab.
4. **Kata Kunci (*Key Words*)**
   Berisi kata-kata yang menjadi inti pembahasan materi dalam setiap bab.
5. **Materi Pelajaran**
   Materi pelajaran disajikan berdasarkan standar isi yang berlaku dengan bahasa yang sederhana dan mudah dipahami. Buku ini terdiri dari 20 bab yang membahas tentang berbagai sistem dalam kehidupan manusia; sistem dalam kehidupan tumbuhan; konsep partikel materi; kegunaan bahan kimia dalam kehidupan; peranan usaha, gaya, dan energi dalam kehidupan sehari-hari; konsep dan penerapan getaran, gelombang, serta optika dalam produk teknologi sehari-hari.
6. **Contoh Soal**
   Memberikan contoh soal dan materi yang dipelajari dengan pembahasan yang lengkap.
7. **Kegiatan Ilmiah**
   Suatu kegiatan yang dilakukan di laboratorium sekolah atau lingkungan sekolah sebagai penunjang pemahaman materi yang dibahas.
8. **Kilasan IPA**
   Berisi informasi tentang penemuan-penemuan, atau apa saja yang terkait dengan materi yang diulas secara singkat pada setiap babnya.
9. **Tokohku**
   Memuat biografi singkat seorang tokoh yang sangat berjasa dan berguna dalam menemukan atau mengembangkan sesuatu bagi masyarakat.

10. **Uji Latih Diri**
    Memuat pertanyaan-pertanyaan yang menguji pemahaman peserta didik setelah membahas materi pada setiap sub babnya.
11. **Unjuk Usaha**
    Berisi tentang kegiatan atau usaha dalam kehidupan sehari-hari dengan mengaplikasikan materi untuk melatih, mengembangkan ide, jiwa kewirausahaan, dan daya kreasi peserta didik.
12. **Jelajah Internet**
    Berisi informasi tambahan yang diperoleh dari situs-situs internet dan untuk melatih pengenalan teknologi canggih berupa internet kepada peserta didik.
13. **Refleksi Diri**
    Berisi pertanyaan yang berupa studi kasus untuk melatih peserta didik dalam menyelesaikan kasus tersebut dengan kemampuan dirinya.
14. **Tugas Proyek**
    Suatu kegiatan yang melatih keterampilan, kerja sama serta kreativitas peserta didik di luar jam pelajaran sekolah.
15. **Evaluasi Diri**
    Memuat soal pilihan ganda dan pertanyaan yang bertujuan untuk mengasah pemahaman peserta didik setelah membahas materi pada setiap babnya.
16. **Rangkuman**
    Berisi ringkasan materi yang dibahas pada setiap babnya.
17. **Soal-soal Akhir Buku**
    Memuat soal-soal latihan pemahaman materi dari awal bab sampai bab terakhir.
18. **Daftar Pustaka**
    Memuat daftar buku yang dijadikan sebagai sumber referensi.
19. **Glosarium**
    Merupakan kamus kecil yang berisi definisi atau pengertian dari istilah-istilah fisika yang digunakan dalam buku.
20. **Indeks**
    Memuat istilah-istilah dalam bidang IPA yang digunakan dalam buku ini.
21. **Lampiran**
    Memuat simbol dan kepanjangan dari satuan standar.
22. **Kunci Jawaban**
    Berisi kunci jawaban pillihan ganda dari setiap babnya.

Seperti kata pepatah “Tak ada gading yang tak retak” maka tentu ada kekurangan dan kelemahan pada buku ini. Oleh sebab itu, kami dengan rendah hati bersedia menerima kritik dan masukan dari para pembaca untuk perbaikan buku ini.

Harapan kami semoga buku ini dapat menyumbang perkembangan pendidikan di Indonesia.

Jakarta, 2008

BAB I

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:
1. menjelaskan perbedaan pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup;
2. mendeskripsikan faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup;
3. menjelaskan manfaat mempelajari pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup.

PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN

Peta Konsep

Gen
Hormon
Nutrisi
Lingkungan
berupa
Faktor Internal
Faktor Eksternal
dipengaruhi
Pertumbuhan dan Perkembangan
Metamorfosis
pada
dapat berupa
Tumbuhan
melalui tahap
Hewan
dimulai dari
Zigot
Embrionik
Pascaembrionik
mengalami
berupa
Pertumbuhan
Diferensiasi
Gametogenesis
Organogenesis
menjadi
Fertilisasi
Organisme
Cleavage
Perkembangan Jaringan-Organ Spesifik
Gastrulasi

a. anak kangguru di dalam kantong induknya. b. tunas sebuah tumbuhan.

Gambar 1.1 **Fenomena Pertumbuhan dan Perkembangan Makhluk Hidup**

Sumber Gambar: Biology Concepts and Applications (2006 : 647); Dokumen Penerbit

Pernahkah kamu berpikir, mengapa tumbuhan bertunas? Mengapa anak kangguru harus berada dalam kantung induknya setelah dilahirkan?

Pertumbuhan dan perkembangan adalah proses yang dialami semua makhluk hidup/organisme, baik tumbuhan, hewan, maupun manusia. Pertumbuhan dan perkembangan merupakan serangkaian proses perubahan pada tubuh individu organisme yang memiliki pola khas/spesifik untuk tiap spesies.

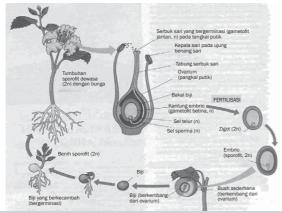
A. Tumbuhan

Mengapa pertumbuhan dan perkembangan itu penting? Bagaimana pertumbuhan dan perkembangan yang terjadi pada tumbuhan dan hewan? Mari kita bahas pada bab ini.

Ketika kamu makan kupat tahu atau tauge goreng, tentu di dalam makanan itu terdapat tauge (toge). Tauge itu berasal dari kacang hijau atau kacang kedelai. Tahukah kamu, apakah tauge itu? Tauge merupakan bentuk kecambah atau calon tumbuhan yang baru saja tumbuh dari biji tumbuhan. Tauge itu nantinya akan tumbuh menjadi tumbuhan dewasa.

Titik awal organisme tumbuhan adalah sel tunggal yang disebut zigot. Zigot tumbuh dan berkembang menjadi organisme multisel. Sel tersebut mengalami pembelahan menghasilkan sel yang lebih besar dan lebih kompleks. Sel terus mengalami pertambahan bobot, jumlah, banyaknya protoplasma serta tingkat kerumitan. Proses pertambahan ukuran sel tersebut disebut pertumbuhan.

Pertumbuhan dapat diukur dengan mengukur pertambahan volume atau massa. Pertambahan volume ditentukan dengan cara mengukur perbesaran ke satu atau dua arah seperti panjang dan luas. Misalnya, pengukuran tinggi batang dan luas daun. Pertambahan massa diukur dengan cara memanen seluruh tumbuhan atau bagian yang diinginkan dan menimbangnya sebelum air dari bagian itu menguap. Massa ini disebut sebagai massa segar. Pengukuran massa yang lebih akurat adalah massa kering. Massa kering diukur dengan cara mengeringkan bagian tumbuhan yang baru dipanen selama 24 – 48 jam pada suhu 70 – 80^{o}C.

Selain mengalami pertumbuhan, sel-sel tersebut juga melakukan deferensiasi, yaitu membentuk struktur dan fungsi tertentu (spesialisasi). Pertumbuhan dan deferensiasi sel menjadi jaringan, organ, sistem organ, dan organisme sering disebut sebagai perkembangan (morfogenesis). Jika tidak mengalami pertumbuhan dan perkembangan, tumbuhan tidak dapat mengubah dirinya dari sebuah sel menjadi semak, perdu, atau pohon rindang yang memiliki daya guna bagi lingkungan dan kehidupan manusia.

Gambar 1.2 Siklus Hidup Tumbuhan Biji
Sumber Gambar: Campbell. Biology Edisi ke-5 Jilid 2 (2003:356)

Kata-Kata Kunci
(Key Words)

pertumbuhan
massa segar
morfogenesis
jaringan meristem
giberelin
embrionik
cleavage
gastrulasi
organogenesis
pasca embrionik
morfogenesis

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk memperluas wawasan akan materi ini.
http: //iel.ipb.ac.id/sac/hibah/2003/sf_tumbuhan/ZPT.html
http://www.e-smart-school.com/pnu/004/PNU0040012.asp

1. Faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan tumbuhan

Tumbuhan dapat mengalami pertumbuhan karena mempunyai jaringan meristem di ujung akar dan ujung batang yang sel-sel penyusunnya terus membelah. Pertumbuhan tumbuhan dipengaruhi faktor internal dan eksternal.

a. Faktor internal

Faktor internal, yaitu faktor-faktor yang terdapat dalam tubuh tumbuhan sendiri, berupa gen dan hormon tumbuh. Ada berbagai macam hormon tumbuh, seperti tertulis pada tabel berikut ini. Mari kita cermati tabelnya.

Tabel 1.1 Hormon pada Tumbuhan dan Fungsinya

No	Hormon	Fungsi
1.	Auksin	Memacu perpanjangan sel, mempercepat diferensiasi, dan merangsang pembentukan bunga dan buah.
2.	Giberelin	Mempercepat pertumbuhan.
3.	Sitokinin	Merangsang pembelahan sel.
4.	Gas etilen	Pemasakan buah, batang tumbuh menjadi tebal.
5.	Asam absisat	Menghambat pertumbuhan, membantu menggugurkan daun pada musim gugur.
6.	Rhizokalin	Merangsang pembentukan akar.
7.	Kaulokalin	Merangsang pembentukan batang.
8.	Filokalin	Merangsang pembentukan daun.
9.	Anthokalin	Merangsang pembentukan bunga.
10.	Traumakalin	Mempercepat penyembuhan luka.

Kilasan IPA

Gambar 1.3 Kantong Semar
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Tumbuhan membutuhkan nutrisi untuk tumbuh dan berkembang. Tidak semua kondisi tanah tempat tumbuhan hidup dapat menyediakan unsur-unsur hara, seperti nitrogen. Kantong semar merupakan salah satu contoh tumbuhan yang memakan serangga untuk mendapatkan suplai nitrogen dan mineral. Kantong semar menggunakan struktur tubuh seperti kantong untuk menangkap serangga. Serangga yang tergelincir akan masuk ke dalam terowongan panjang yang penuh air, kemudian cairan akan dicerna oleh enzim yang disekresikan di dalam cairan tersebut.

b. Faktor eksternal atau faktor lingkungan

Faktor eksternal yang berupa cahaya, suhu, kelembaban, dan nutrisi memengaruhi pertumbuhan tumbuhan. Cahaya atau sinar matahari

merupakan energi tumbuhan hijau untuk melakukan fotosintesis. Suhu dan kelembaban dapat memengaruhi berbagai fungsi fisiologis tumbuhan, seperti membuka dan menutupnya stomata dan laju transpirasi. Nutrisi dimanfaatkan tumbuhan untuk pertumbuhan dan perkembangan. Tanpa nutrisi, proses pertumbuhan dapat terhambat. Contohnya, petani memupuk tanamannya secara berkala.

Adakah perbedaan antara tumbuhan yang cukup cahaya dengan tumbuhan yang kurang cahaya? Mari kita lakukan kegiatan berikut ini.

Kegiatan Ilmiah 1.1

Membandingkan Pertumbuhan Tanaman yang Cukup Cahaya dengan Tumbuhan Tanpa Cahaya

Tujuan Membandingkan pertumbuhan tanaman dengan cahaya dan tanpa cahaya.

Bahan Bibit kacang tanah dan peralatan menanam.

Petunjuk Kerja

1. Pilih sepuluh butir kacang hijau yang dalam keadaan baik.
2. Siapkan sepuluh pot kecil, kemudian isi tanah ke dalamnya.
3. Tanam biji kacang hijau pilihanmu ke dalam pot yang tersedia. Letakkan lima buah pot di tempat yang terang dan lima pot lainnya di tempat gelap.
4. Siram secukupnya setiap hari hingga berkecambah.
5. Amati dan ukur tinggi kecambah setiap hari selama 1–2 minggu. Kemudian, masukkan hasil pengamatan dan pengukuran ke dalam tabel. Adakah perbedaan rata-rata tinggi kecambah tersebut? Mengapa perbedaan tersebut dapat terjadi?
6. Apa yang dapat kamu simpulkan?

a. tidak normal

b. normal

Gambar 1.4 Pertumbuhan Kacang Hijau
Sumber Gambar: Starr and Taggart. The Unity and Diversity of Live (1989:292)

Uji Latih Diri 1.1

1. Apa yang dimaksud pertumbuhan dan perkembangan?
2. Faktor-faktor apa sajakah yang memengaruhi pertumbuhan?

B. Hewan

Saat musim penghujan, masyarakat gencar melakukan gerakan 3M, yaitu menutup, menguras, dan menimbun. Menutup, artinya menutup tempat-tempat penyimpanan air. Menguras, artinya menguras tempat-tempat penyimpanan air secara rutin. Menimbun, maksudnya menimbun barang-barang bekas yang dapat menjadi tempat menggenangnya air. Tahukah kamu, mengapa perlu dilakukan gerakan 3M ini? Gerakan 3M dilakukan untuk memberantas jentik-jentik nyamuk penyebar penyakit, seperti malaria dan demam berdarah. Jentik nyamuk merupakan contoh tahapan perkembangan hewan, yaitu nyamuk.

Seperti halnya tumbuhan, hewan juga mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Pola perkembangan yang dialami hewan tingkat tinggi dapat dibedakan menjadi tahap embrionik dan pascaembrionik yang dipengaruhi faktor internal dan eksternal.

Gambar 1.5 Skema Tahap Perkembangan Hewan
Sumber Gambar: Starr & Taggart. The Unity and Diversity of Live (1989: 492)

1. Embrionik

Fase embrionik didahului oleh peristiwa gametogenesis berupa pembentukan sel-sel kelamin jantan dan betina. Kemudian, kedua sel tersebut melebur menjadi satu atau dikenal dengan istilah *fertilisasi* (pembuahan). Sel hasil pembuahan (zigot) mengalami pembelahan *(cleavage)* menjadi 2 sel, 8 sel, 16 sel, 32 sel dan seterusnya. Selama tahap ini pertumbuhan tidak ada atau hanya sedikit.

Kemudian sel memasuki tahap gastrulasi *(gastrulation)*. Sel yang dihasilkan dari tahap pembelahan terus membelah dan bergerak menata dirinya menjadi lapisan-lapisan dan kumpulan yang berbeda. Lapisan tersebut berupa *ektoderm, endoderm,* dan *mesoderm*. Ektoderm (lapisan luar) membentuk struktur tubuh paling luar seperti kulit. Mesoderm (lapisan tengah) akan membentuk struktur organ penyusun rangka tubuh seperti tulang belakang, rongga perut dan rongga dada. Endoderm membentuk organ-organ dalam.

Berdasarkan lapisan rongga tubuh terbagi menjadi hewan tripoblastik yang tersusun atas 3 lapisan dan hewan dipoblastik yang hanya terdiri atas 2 lapisan, yaitu ektoderm dan endoderm.

Tokohku

R.M Padmosantjojo

Lahir, di Kediri 26 Februari 1938. Beliau adalah tokoh yang berhasil memisahkan bayi kembar siam Yuliana dan Yuliani pada 21 Oktober 1987. Alumni Fakultas Kedokteran UI ini, melakukan operasi tersebut dengan peralatan operasi yang masih sangat standar. Berkat usaha kerasnya beliau mendapat penghargaan Bintang Jasa Utama dari presiden Megawati pada 14 Agustus 2004.

Gambar 1.6 R.M Padmosantjojo
Sumber Gambar: Muatan Lokal Ensiklopedia Iptek untuk Anak, Pelajar dan Umum. (2004:21)

2. Pascaembrionik

Fase ini dimulai dari sel-sel yang telah berkelompok membentuk struktur dan fungsi tertentu, seperti sel saraf, otot, dan sebagainya menjadi jaringan, kemudian jaringan menjadi organ, organ menjadi sistem organ, dan akhirnya membentuk individu. Proses ini disebut organogenesis atau diferensiasi.

Embrio terus tumbuh *(growth)* hingga menjadi lebih besar karena pembelahan kelompok sel terus berlanjut. Fase ini sangat tergantung pada masukan nutrisi dan energi. Selanjutnya, embrio memasuki tahap perkembangan menuju dewasa dimana organ-organ yang telah terbentuk akan semakin sempurna struktur dan fungsinya (*tissue specialization*). Dalam pertumbuhannya, hewan ada yang mengalami perubahan bentuk dari muda hingga dewasa secara bertingkat (metamorfosis) dan ada yang tidak mengalaminya. Contoh hewan yang mengalami metamorfosis adalah katak.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk memperluas wawasan akan materi ini.
http://bebas.vlsm.org/v12/sponsor/SponsorPendamping/Praweda/Biologi/
http://www.e-smartschool.com/

a. fertilisasi eksternal

b. telur katak yang telah dibuahi

c. berudu

d. katak berekor

e. katak dewasa

Gambar 1.7 Tahap-tahap Metamorfosis Katak
Sumber Gambar: Starr and Taggart. The Unity and Diversity of Live (1989: 488 – 489)

Metamorfosis yang dialami hewan, ada metamorfosis sempurna dan metamorfosis tidak sempurna.
Metamorfosis sempurna: telur – larva – pupa – imago
Metamorfosis tidak sempurna: telur – nimfa – imago
Tidak mengalami metamorfosis: telur – muda – dewasa

Dari uraian di atas, dapatkah kamu menjawab mengapa pertumbuhan dan perkembangan penting bagi kehidupan tumbuhan dan hewan?

Uji Latih Diri 1.2

1. Menurutmu, bagaimana pola pertumbuhan pada hewan?
2. Kapan fase pascaembrionik pada katak dimulai?

Tugas Proyek

Bayangkan skenario berikut ini.
Seorang ahli tumbuhan menemukan suatu bahan kimia sintetis yang memiliki pengaruh yang mirip dengan pengaruh suatu hormon tumbuhan. Bahan kimia itu dapat disemprotkan pada apel sebelum panen untuk mencegah pengelupasan lilin yang terbentuk pada kulit. Hal ini akan membuat apel lebih bercahaya dan berwarna merah gelap. Pertanyaan apa yang kamu bayangkan dan yang harus dijawab sebelum petani mulai menggunakan bahan kimia itu pada apel?

Rangkuman

Organisme berasal dari sel tunggal yang terus tumbuh menjadi multisel. Proses pertambahan ukuran sel disebut pertumbuhan. Pertambahan ukuran diukur dengan pertambahan volume atau bobot massa. Diferensiasi sel membentuk struktur dan fungsi tertentu disebut perkembangan (morfogenesis).

Pertumbuhan pada tumbuhan dipengaruhi faktor internal (gen dan hormon) dan faktor eksternal (cahaya, suhu, kelembaban, dan nutrisi).

Pola pertumbuhan hewan tinggi dibedakan menjadi tahap embrionik dan pascaembrionik. Fase embrionik terdiri dari gametogenesis, fertilisasi, pembelahan, dan gastrulasi. Dalam proses gastrulasi, sel disusun menjadi ektoderm, mesoderm, dan endoderm. Dalam fase selanjutnya, hewan ada yang mengalami metamorfosis dan tidak mengalaminya.

Evaluasi Diri 1

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Taksiran yang lazim digunakan untuk menentukan pertumbuhan suatu tanaman adalah ....
   a. massa segar
   b. massa kering
   c. volume
   d. tinggi

2. Sel yang telah dibuahi akan mengalami pembelahan dan berkelompok membentuk struktur dan fungsi tertentu disebut ....
   a. diferensiasi
   b. pertumbuhan
   c. perkembangan
   d. fertilisasi
3. Pernyataan berikut ini yang *salah* tentang pertumbuhan adalah ....
   a. hewan mengalami pertumbuhan hanya sampai pada usia tertentu
   b. tumbuhan terus mengalami pertumbuhan sepanjang hidupnya
   c. pertumbuhan dapat diukur dengan taksiran massa kering
   d. pertumbuhan hanya dipengaruhi oleh cahaya
4. Berikut ini merupakan faktor eksternal yang memengaruhi pertumbuhan tanaman, *kecuali* ....
   a. cahaya
   b. suhu
   c. kelembaban
   d. hormon
5. Berudu merupakan salah satu bentuk hasil perkembangan katak menuju dewasa. Berudu bernapas dengan ....
   a. insang
   b. paru-paru
   c. kulit
   d. paru-paru buku
6. Proses penyusunan dan pengaturan sel ke dalam lapisan yang berbeda (dipoblastik atau tripoblastik) pada perkembangan hewan terjadi pada tahap ....
   a. blastula
   b. morulla
   c. gastrula
   d. zigot
7. Tahap-tahap metamorfosis sempurna yang benar adalah ....
   a. telur – larva – pupa – imago
   b. telur – pupa – larva – imago
   c. telur – imago – larva – pupa
   d. telur – pupa – imago – larva
8. Hewan berikut ini yang mengalami metamorfosis sempurna, *kecuali* ....
   a. katak
   b. kupu-kupu
   c. lepisma
   d. kumbang
9. Jaringan tumbuhan yang terus membelah, biasanya terdapat pada ujung akar dan batang adalah ....
   a. meristem
   b. parenkim
   c. kambium
   d. klorofil

10. Hewan tripolastik pada tahap gastrulasinya tersusun atas 3 lapisan yang berupa ....
    a. ektoderm, epiderm, dan endoderm
    b. mesoderm, epiderm, dan endoderm
    c. ektoderm, endoderm, dan mesoderm
    d. epiderm, mesoderm, dan ektoderm

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Mengapa tumbuhan selalu tumbuh menuju ke arah datangnya sinar matahari?
2. Hormon merupakan faktor internal yang memengaruhi pertumbuhan tumbuhan. Hormon tumbuh apakah yang dimaksud dan apa fungsinya?
3. Bagaimanakah tahapan embrionik pada hewan?
4. Kapan sebaiknya tanaman diberi nutrisi?
5. Bandingkan siklus hewan yang mengalami metamorfosis sempurna, metamorfosis tidak sempurna, dan yang tidak mengalami metamorfosis. Apa contohnya?

BAB II

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

1. membedakan gejala tahap-tahap perkembangan manusia;
2. mengetahui manfaat mempelajari tahap-tahap perkembangan manusia.

PERKEMBANGAN MANUSIA

Peta Konsep

Perkembangan Manusia — *tahap-tahap*:

- Pralahir — *tahapan* → Zigot → Embrio → Janin
- Neonatus — *ciri-ciri* → Usia 10-14 hari setelah lahir & pertumbuhan sementara terhenti
- Masa Bayi — *ciri-ciri* → Usia 2 minggu-2 tahun, sistem otot dan saraf mulai berkembang membentuk sistem kesadaran awal
- Masa Kanak-kanak — *terbagi atas*:
  - Masa Kanak-kanak Dini — *ciri-ciri* → Usia 2-6 tahun, keterampilan fisik seperti berjalan, berlari dan melompat mulai tampak
  - Masa Kanak-kanak Akhir — *ciri-ciri* → Perempuan: usia 6-13 tahun, laki-laki 6-12 tahun, dan kematangan organ seksual
- Masa Remaja/ Pubertas — *ciri-ciri*:
  - Perempuan: usia 11-15 tahun, mengalami haid (menstruasi), muncul tanda kelamin sekunder
  - Laki-laki: usia 12-16 muncul tanda kelamin sekunder
- Masa Dewasa — *ciri-ciri* → Pertumbuhan fisik terhenti dan tinggi maksimal tercapai, organ-organ tubuh & mental telah matang
- Masa Tua (manula) — *ciri-ciri* → Penurunan fungsi fisiologis organ-organ tubuh, kulit keriput & rambut mulai memutih

Gambar 2.1 **Perkembangan Manusia : a) anak berusia ± 2 Tahun, b) orang tua berusia ± 80 Tahun**

Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit; http://www.biosprayplus.com.

Masih ingatkah kamu pembahasan tentang pertumbuhan dan perkembangan hewan pada bab sebelumnya? Bagaimana dengan manusia? Manusia adalah makhluk ciptaan Tuhan yang paling sempurna. Sadar atau tanpa disadari, kita mengalami perubahan baik secara fisik maupun mental. Perubahan yang telah dan akan kita alami merupakan suatu proses alamiah. Perubahan itu merupakan wujud nyata dari mekanisme pertumbuhan dan perkembangan. Apa yang terjadi selama tahap perkembangan tubuh itu? Seberapa penting pertumbuhan dan perkembangan itu bagi kita?

A. Awal Kehidupan

Manusia, pada mulanya berasal dari sebuah sel telur yang dibuahi oleh sel sperma. Sel telur yang dibuahi ini, kemudian membelah menjadi dua sel yang sama dan membelah lagi menjadi empat, begitu seterusnya. Pembelahan sel ini diikuti dengan berkembangnya sel-sel tersebut membentuk struktur dan fungsi tertentu.

Manusia mengalami beberapa tahap pertumbuhan dan perkembangan, yaitu periode pra-lahir dan neonatus, masa bayi, masa kanak-kanak, masa remaja atau pubertas, masa dewasa, masa tua (manula).

Kata-Kata Kunci *(Key Words)*

janin
plasenta
bayi
kanak-kanak
remaja
pubertas
menarche
haid
dewasa
manula
menopause
osteoporosis

Refleksi Diri

Coba kamu bercermin dan perhatikan dirimu. Kemudian, bandingkan dengan fotomu setahun atau dua tahun yang lalu. Adakah perubahan yang kamu temukan pada dirimu? Mengapa perubahan tersebut dapat terjadi?

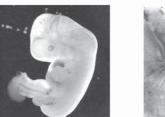
No	Hal yang diamati	Keadaan Anggota Tubuh	
		1 atau 2 tahun lalu	Sekarang
1			
2			
3			

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http: //id.wikipedia.org//wiki/kategori: Perkembangan_ manusia
http://psikologi perkembangan. blogspot.com

1. Tahap-tahap pertumbuhan dan perkembangan manusia

a. Periode Pra-lahir dan Neonatus

Periode pra-lahir diawali dengan pembuahan sel telur oleh sel sperma, kemudian meleburkan inti selnya menjadi zigot. Zigot berubah menjadi embrio dan lambat laun menjadi janin. Selama masa ini, perkembangan dan pertumbuhan seluruh struktur tubuh sangat cepat suplai secara fisiologis. Janin di dalam rahim ibu memperoleh suplai zat makanan dari ibunya melalui *plasenta* (tali pusar).

a. embrio 4 minggu

b. embrio akhir 5 minggu

c. janin (fetus) 9 minggu

d. janin 16 minggu

Gambar 2.2 Tahap Perkembangan Embrio Manusia
Sumber Gambar: Starr and Taggart; The Unity and Diversity of Live(1989:513)

a.

b.

Gambar 2.3 Bayi Berumur 2 minggu – 2 tahun
Sumber Gambar: http://img182.imageshack.us/img182/1469/pratama300x161nr9.jpg; Muatan Lokal Ensiklopedia Iptek untuk Anak, Pelajar, dan Umum 1. (2004:8-9).

Gambar 2.4 Anak Usia 2 – 6 Tahun
Sumber Gambar: Diana Yunita Sari. "Alergi Picu Infeksi Berulang". Gaya Hidup Sehat (17 - 23 November 2006)

Gambar 2.5 Anak Usia di atas 6 Tahun
Sumber Gambar: Dokumen Penerbit

Gambar 2.6 Remaja Laki-laki Usia ± 15 Tahun
Sumber Gambar: Dokumen Penerbit

Setelah lahir, bayi mengalami periode *neonatus*, yaitu periode bayi yang baru lahir (*neonate)* hingga berusia 10–14 hari. Selama masa ini, bayi harus menyesuaikan diri dengan lingkungan yang seluruhnya baru di luar rahim ibu. Pertumbuhan untuk sementara terhenti.

b. Masa bayi (2 minggu– 2 tahun)

Secara bertahap, bayi belajar mengendalikan ototnya agar dapat bergantung pada dirinya sendiri. Sistem saraf mulai berkembang mendukung perkembangan otot untuk membentuk sistem kesadaran awal. Kapasitas otak meningkat untuk memicu aktivitas respon, terutama merespon pada hal-hal yang dilihat.

c. Masa kanak-kanak (2 tahun–pubertas/remaja)

1) Masa kanak-kanak dini (2–6 tahun)

Masa ini merupakan masa prasekolah/prakelompok. Anak mulai berusaha mengendalikan lingkungannya dan menyesuaikan diri secara sosial. Keterampilan fisik sudah mulai tampak berupa aktivitas aktif.

2) Akhir masa kanak-kanak

Pada periode ini, kematangan organ seksual mulai terjadi dan memasuki masa remaja yang berbeda-beda untuk setiap jenis kelamin. Perempuan mengalalaminya pada usia 6–13 tahun, sedangkan laki-laki pada usia 12–14 tahun. Perkembangan utamanya adalah sosialisasi pada masa sekolah atau kelompok.

d. Masa remaja atau pubertas

Pubertas merupakan masa yang tumpang tindih antara masa akhir kanak-kanak dan masa remaja awal. Masa puber berlangsung antara usia 11–15 tahun pada wanita dan 12–16 tahun pada laki-laki. Pada masa ini, perubahan fisik yang cukup nyata terjadi terutama pada wanita.

Ciri pubertas pada laki-laki berarti dimulainya produksi sperma (sel kelamin jantan) dari kematangan organ reproduksi. Tanda kematangan organ reproduksi ini adalah peristiwa "mimpi basah" yang dialami oleh setiap laki-laki. Tanda-tanda kelamin sekunder yang muncul, yaitu menguatnya otot-otot tubuh, bertambahnya ukuran tulang menjadikan tubuh bertambah tinggi dan besar. Selain itu, rambut-rambut halus, seperti kumis, di ketiak atau pubis (rambut kemaluan) mulai tumbuh, dan suara menjadi terdengar lebih berat.

Bagi wanita, perubahan fisik yang terjadi, yaitu pinggul dan payudara membesar, kematangan organ reproduksi, serta tumbuh rambut halus di area kemaluan. Selain itu, haid (mentruasi) terjadi pertama kali pada usia 10–16 tahun. Saat haid pertama kali datang dinamakan *menarche*, yaitu puncak dari serangkaian perubahan seorang gadis yang sedang menginjak dewasa. Perubahan timbul karena serangkaian interaksi antara beberapa kelenjar di dalam tubuh. Pengendali utama haid adalah hypothalamus.

Selama haid, hypothalamus mengirim sejumlah faktor pencetus FSH *(Follicle Stimulating Hormone)* atau hormon yang menstimulasi pertumbuhan folikel ovarium kepada kelenjar bawah otak yang membuat FSH. Jumlah FSH dalam darah meningkat dan merangsang sel-sel folikel telur tumbuh dan membentuk estrogen sehingga kandungan estrogen dalam darah meningkat. Estrogen merangsang penebalan dinding rahim. Sementara itu, di dalam *ovarium* diproduksi sel telur. Setelah matang, dilepas ke saluran telur (*tuba fallopi*) menuju ke rahim. Pembuahan biasanya terjadi dalam *tuba fallopi*. Jika sel telur yang menuju rahim tidak dibuahi maka sel telur akan keluar melalui vagina bersama luruhan dinding rahim yang banyak mengandung pembuluh darah. Peristiwa seperti inilah yang disebut haid atau mentruasi.

Gambar 2.7 Remaja Perempuan Usia ± 18 Tahun
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Kilasan IPA

Toxic Shock

Apa itu toxic shock? Toxic shock merupakan suatu kondisi yang dialami wanita yang sedang haid yang tidak umum (satu kasus terjadi tiap tahun dari setiap 25.000 wanita yang sedang haid). Wanita yang mengalami kondisi ini tiba-tiba menderita radang tenggorokan, suhu tinggi, sakit otot, sakit kepala, dan kadang-kadang diare. Bintik-bintik merah pada kulit dan mata merah. Tiga hari setelah itu, kulit mengelupas seperti ketombe dan tekanan darah turun. Toxic shock disebabkan pelepasan toksin (zat racun) dari bakteri *staphylococcus auereus* yang hidup di dalam vagina. Untuk itu, bagi wanita yang sedang haid, sebaiknya mengganti pembalutnya secara teratur agar tidak mengalami kondisi seperti ini.

Pola haid pada setiap wanita berbeda-beda dan biasanya terbentuk secara teratur dalam waktu 4–6 tahun sejak *menarche* (kira-kira pada usia 17–19 tahun). Haid umumnya datang sebulan sekali dan terputus ketika mengandung serta berhenti ketika usia 45 tahun. Siklus haid dihitung sejak hari pertama haid hingga hari terakhir sebelum haid berikutnya. Kebanyakan siklus haid wanita sekitar 22–35 hari dengan rata-rata 28 hari.

e. Masa dewasa

Masa dewasa merupakan masa pertumbuhan fisik berhenti. Organ-organ tubuh telah mengalami kematangan termasuk tingkat berpikir dan mentalnya. Pada masa ini, setiap manusia biasanya berpikir untuk mencari pekerjaan, menikah, dan menjalani tugas kehidupannya dengan baik

Gambar 2.8 Manusia Dewasa
Sumber Gambar: Diah Triarsari. 2006. "Coba Spa Di Rumah Sendiri". Gaya Hidup Sehat. 17-23 November

f. Masa tua (manula)

Masa ini ditandai dengan terjadinya penurunan fungsi fisiologis organ-organ tubuh. Kulit mulai berubah menjadi keriput dan rambut berubah menjadi putih (uban). Kerja sel-sel tulang pun mulai tidak aktif sehingga rentan akan *osteoporosis* (tulang rapuh). Pada masa ini, wanita akan mengalami *menopause*, yaitu berhentinya fungsi organ reproduksi yang ditandai dengan berhentinya siklus menstruasi.

Secara terus menerus, penuaan fisik berlanjut, keseimbangan serta fungsi alat-alat tubuh tidak berjalan dengan baik sampai mengalami kematian.

Keenam masa tahapan perkembangan manusia di atas secara alamiah akan dialami oleh setiap manusia. Tidak ada yang dapat mengelak, mempercepat, atau memperlambat tahap perkembangan itu. Itu adalah salah satu kebesaran dari rencana Tuhan.

Unjuk Usaha

Ayo Membuat Miniatur Diri

Kamu sebagai seorang manusia tentu mengalami pertumbuhan. Hingga usia sekarang, pertumbuhan apa yang telah kamu alami? Buatlah maket pertumbuhanmu menggunakan lilin warna-warni, mulai dari kamu lahir (bayi) hingga sekarang. Jangan lupa cuci tanganmu setelah memegang lilin.

Kamu dapat membuat miniatur dirimu sendiri. Jangan lupa, beri keterangan untuk setiap tahap pertumbuhanmu. Selamat mencoba.

Kegiatan Ilmiah 2.1

Ukuran Perkembangan

Tujuan Mengukur dan membandingkan berat badan, tinggi, dan kemampuan manusia berbagai usia sebagai ukuran perkembangan.

Petunjuk Kerja

1. Ukur tinggi dan berat badan 10 orang temanmu di kelas. Masukkan hasilnya ke dalam tabel.

No	Usia (tahun)	Berat Badan (kg)		Tinggi Badan	
		Laki-laki	Wanita	Laki-laki	Wanita
1					
2					
3					
...					

2. Amati dan catat aktivitas fisik yang dapat mereka lakukan untuk mendukung data di atas.
3. Gambarkan hubungan antara usia, tinggi badan, berat badan tersebut dalam bentuk grafik.
4. Apa yang kamu temukan?
5. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Uji Latih Diri 2.1

1. Bagaimana perubahan fisik yang terjadi mulai dari bayi hingga masa kanak-kanak?
2. Menurutmu, apa yang dapat dilakukan agar tubuh tumbuh optimal?

Tugas Proyek

Kamu telah belajar tentang ciri-ciri pubertas pada remaja laki-laki dan perempuan. Salah satu cirinya adalah terjadinya menstruasi atau haid. Saat haid, seorang perempuan harus lebih menjaga kebersihan dirinya.
Sekarang, coba kamu cari informasi mengenai hal-hal yang harus dilakukan seorang perempuan yang sedang haid untuk menjaga kebersihan dirinya. Laporkan hasil kerjamu kepada gurumu. Tugas ini dilakukan secara individu.

Rangkuman

Manusia mengalami proses pertumbuhan dan perkembangan. Tahap perkembangan manusia, yaitu periode pralahir dan neonatus, masa bayi, kanak-kanak, remaja atau pubertas, dewasa, dan tua (manula).

Periode pralahir merupakan periode terbentuknya embrio dalam rahim ibu. Kemudian, memasuki periode neonatus, yaitu periode bayi yang baru lahir hingga berusia 2 minggu. Masa bayi merupakan masa pembelajaran untuk memicu aktivitas respon.

Masa kanak-kanak merupakan masa penyesuaian diri secara sosial hingga akhirnya terjadi masa kematangan organ seksual. Memasuki masa pubertas, perubahan fisik yang cukup nyata terjadi. Pada laki-laki, masa dimulainya produksi sperma, sedangkan pada wanita, masa dimulainya haid atau menstruasi.

Masa dewasa merupakan masa pertumbuhan fisik berhenti, organ-organ tubuh telah mengalami kematangan. Pada masa tua atau manula, penurunan fungsi fisiologis organ-organ tubuh terjadi secara terus-menerus hingga mengalami kematian.

Evaluasi Diri 2

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Janin di dalam rahim memperoleh zat makanan melalui saluran yang disebut ....
   a. uterus
   b. plasenta
   c. amnion
   d. air ketuban
2. Berikut ini tahapan perkembangan manusia, *kecuali* ....
   a. masa puber
   b. masa neonatus
   c. masa dewasa
   d. masa subur
3. Anak-anak usia 2 tahun memiliki keterampilan ....
   a. berlari
   b. berjalan langkah gontai
   c. berjalan di atas balok kesetimbangan
   d. berdiri pada satu kaki

4. Ciri-ciri fisik anak laki-laki yang memasuki masa pubertas, *kecuali* ....
   a. suara memberat
   b. tumbuh rambut di sekitar kemaluan
   c. memproduksi sperma
   d. pinggul membesar
5. Lama siklus haid pada wanita rata-rata ....
   a. 20 hari
   b. 35 hari
   c. 29 hari
   d. 18 hari
6. Wanita hamil yang sering minum alkohol dapat menyebabkan ....
   a. *Fetal Alkohol Syndrome* (FAS)
   b. janin bertambah berat
   c. reduksi organ gerak janin
   d. reduksi organ dalam janin
7. Masa neonatus pada manusia berkisar antara ....
   a. 10 -14 hari setalah lahir
   b. 30 hari sebelum lahir
   c. 2 bulan setelah lahir
   d. 3 bulan setelah lahir
8. Hormon yang berfungsi merangsang pertumbuhan sel-sel folikel adalah ....
   a. estrogen
   b. FSH
   c. hypothalamus
   d. testosteron
9. Pertumbuhan tinggi tubuh seseorang mulai berhenti pada masa ....
   a. remaja
   b. manula
   c. dewasa
   d. bayi
10. Berhentinya fungsi organ reproduksi wanita ditandai dengan berhentinya siklus menstruasi disebut ....
   a. osteoporosis
   b. menopause
   c. *menarche*
   d. masa subur

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Coba kamu ceritakan tahapan perkembangan manusia.
2. Apakah ciri-ciri masa puber pada wanita dan laki-laki?
3. Bahaya apa yang terjadi jika seorang wanita hamil meminum alkohol dan merokok tiap hari sampai ia melahirkan?

BAB III

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

1. membedakan tulang penyusun sistem rangka berdasarkan letak/posisi, bentuk, dan jaringan penyusunnya;
2. membedakan macam-macam hubungan antartulang (persendian) beserta fungsinya;
3. membedakan jenis-jenis otot beserta fungsinya;
4. mengetahui macam-macam kelainan sistem gerak pada manusia.

SISTEM GERAK PADA MANUSIA

Peta Konsep

Sistem Gerak pada Manusia

terdiri atas

Sistem Rangka

disusun oleh

Tulang

berdasarkan

Bentuknya

dapat berupa

- Tulang Pipa/ panjang
- Tulang Pendek
- Tulang Pipih
- Tulang Tak Beraturan

Jaringan Penyusunannya

dapat berupa

- Tulang Keras
- Tulang Rawan

Persendian

Berdasarkan

Gerak

dapat berupa

- Sinatrosis
- Amtiatrosis
- Diartrosis

Struktur

dapat berupa

- Sindesmosis
- Sinkrondosis
- Sinostosis

Sistem Otot

macamnya

- Otot Polos
- Otot Lurik
- Otot Jantung

kerjanya

- Sinergis
- Antagonis

Gambar 3.1 **Hulahup, Salah Satu Contoh Alat Permainan Koordinasi Sistem Gerak**

Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Dapatkah kamu bermain hulahup? Menurutmu, bagaimana hulahup dapat berputar di pinggang, tangan, kaki, atau tubuh lainnya? Itu semua berhubungan dengan sistem gerak yang berkoordinasi dengan baik.

Tubuh manusia seperti halnya sepeda adalah suatu sistem yang terdiri dari bebagai komponen yang bisa menggerakkannya. Anggota tubuh yang berperan dalam gerak adalah rangka dan otot. Keduanya saling bekejasama membentuk sebuah sistem gerak.

Kata-Kata Kunci
(Key Words)

rangka
ossa brevia
tulang pipih
compact bone
tulang spongiosa
cartilago
sendi
artritis
otot
sinergis
bisep

A. Sistem Rangka Manusia

Bagi kamu penggemar sepak bola, pasti kamu pernah mendengar nama David Beckam. Ia adalah pemain sepak bola dari Inggris yang bermain di klub *Manchester United, Real Madrid* dan tim nasional Inggris. Menjelang putaran pertandingan Piala Dunia, ia mengalami cedera retak tulang metatarsal akibat jatuh pada suatu pertandingan. Akibatnya, ia harus beristirahat dan tidak dapat bermain. Apakah kamu juga pernah mengalami cedera pada tulang? Bagaimana rasanya? Cedera atau patah tulang akibat kecelakaan sangat berpengaruh bagi keadaan tubuh kita. Hal itu menunjukkan kepada kita, betapa pentingnya tulang bagi kita.

Sistem rangka manusia merupakan kumpulan dari 206 tulang yang saling berhubungan membentuk sistem gerak. Rangka tubuh manusia mempunyai berbagai macam fungsi, yaitu antara lain (1) memberi bentuk tubuh, (2) melindungi bagian-bagian tubuh yang lemah, (3) menegakkan tubuh, (4) tempat melekatnya otot-otot rangka, (5) sebagai alat gerak pasif, (6) sebagai tempat produksi sel-sel darah merah, dan (7) sebagai tempat cadangan kalsium dan fosfat. Untuk memahami struktur tulang, lakukan kegiatan berikut.

Kegiatan Ilmiah 3.1

Mengenali Struktur Tulang

Tujuan : Mengidentifikasi struktur rangka manusia
Alat dan Bahan : Torso rangka manusia dan charta rangka manusia.
Petunjuk Kerja :

1. Ajak tiga orang temanmu membentuk satu kelompok.
2. Amati torso dan charta rangka manusia yang ada.
3. Identifikasi tulang-tulang manusia pada torso rangka manusia dan bandingkan dengan charta yang tergambar.
4. Kelompokkan tulang-tulang tersebut sesuai strukturnya.
5. Apa yang dapat kamu simpulkan?

1. Penggolongan tulang

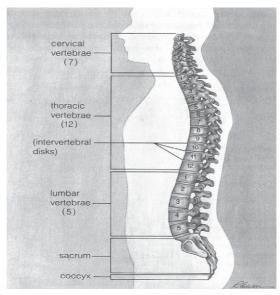
Tulang penyusun rangka tubuh manusia dapat dibedakan berdasarkan letak/posisi, bentuk, dan struktur jaringan penyusunnya.

a. Tulang berdasarkan letak/posisinya

Rangka tubuh manusia dapat dibedakan atas rangka sumbu tubuh *(axial skeleton)* dan rangka anggota gerak tubuh *(appendicular skeleton)*. Rangka sumbu tubuh terdiri atas tulang tengkorak *(skull)*, tulang dada *(sternum)*, tulang rusuk *(ribs)* dan ruas-ruas tulang

belakang *(vertebrae)*. Ruas-ruas tulang belakang tersusun atas 7 ruas tulang leher, 12 ruas tulang punggung, 5 ruas tulang pinggang, dan 4 ruas tulang ekor yang menjadi satu.

a. tulang penyusun rangka tubuh

Skull : tulang tengkorak
Clavicle : tulang selangka
Scapula : tulang belikat
Sternum : tulang dada
Ribs : tulang rusuk
Humerus : tulang lengan atas
Radius : tulang hasta
Ulna : tulang pengumpil
Carpal : tulang pergelangan tangan

b. ruas-ruas tulang belakang

Phalanges : tulang jari tangan
Vertebrae : tulang belakang
Pelvis : tul ang pinggul
Femur : tulang paha
Patela : tulang lutut
Tibia : tulang kering
Fibula : tulang betis
Tarsal : tulang pergelangan kaki
Metatarsal : tulang telapak kaki
Metacarpal : tulang telapak tangan

Gambar 3.2 Tulang Penyusun Rangka Manusia
Sumber Gambar: Biggs, Kapicka dan Lundgren. Biology, The Dynamic of Life (1995:933); Starr dan Taggart. Biology: The unity and Diversity of life (1989:387)

Gambar 3.3 Struktur Tulang Panjang dan bagian-bagiannya
Sumber Gambar: http://homepage.mac.com

b. Tulang berdasarkan bentuknya

1) Tulang panjang atau tulang pipa *(ossa longa)*

Tulang ini memiliki ukuran panjang lebih besar daripada lebar/tebalnya. Contohnya, tulang paha *(femur)*, tulang betis *(fibula)*, tulang kering *(tibia)*, tulang lengan atas *(humerus)*, tulang hasta *(radius)*, dan tulang pengumpil *(ulna)*.

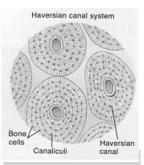
2) Tulang pendek *(ossa brevia)*

Tulang pendek memiliki ukuran panjang sama dengan lebar/ tebalnya. Contohnya, tulang-tulang pergelangan tangan (*metakarpal*) dan tulang-tulang pergelangan kaki (*metatarsal*).

3) Tulang pipih *(ossa plana)*

Tulang pipih, yaitu tulang-tulang yang berbentuk lebar pipih. Contohnya, tulang dahi, tulang ubun-ubun, dan tulang dada.

4) Tulang tidak beraturan

Tulang yang tidak dapat dimasukkan ke dalam tiga kelompok di atas disebut tulang tidak beraturan. Contohnya, tulang wajah dan ruas-ruas tulang belakang.

Gambar 3.4. Sistem Haversi Tulang
Sumber Gambar: Alton Biggs, Chris Kapicka dan Linda Lundgren. Biology, The Dinamic of Life (1995:933)

Struktur Rangka Manusia

- Rangka
  - Poros/ Sumbu Tubuh
    - Tengkorak →
      - Tulang Dahi (1)
      - Tulang Baji (2)
      - Tulang Ubun-ubun (2)
      - Tulang Belakang kepala (1)
      - Tulang Pelipis (2)
      - Tulang Air mata (2)
      - Tulang Langit-langit (2)
      - Tulang Pipi (2)
      - Tulang Hidung (2)
      - Tulang Rahang atas (2)
      - Tulang Rahang bawah (2)
    - Tulang Sangkar Dada
      - Tulang Dada (sternum) (4 ruas)
      - Tulang Rusuk →
        - Rusuk Sejati (7 pasang)
        - Rusuk Palsu (3 pasang)
        - Rusuk Melayang (2 pasang)
    - Tulang Belakang →
      - Tulang Leher (7 ruas)
      - Tulang Punggung (12 ruas)
      - Tulang Pinggang (5 ruas)
      - Tulang Kelangkang (5 ruas jadi satu)
      - Tulang Ekor (4 ruas jadi satu)
  - Anggota Gerak
    - Anggota Gerak Atas
      - Tulang Gelang Bahu →
        - Tulang Selangka (2)
        - Tulang Belikat (2)
      - Tulang Tungkai Atas →
        - Tulang Lengan Atas (2)
        - Tulang Hasta (2)
        - Tulang Pengumpil (2)
        - Tulang Pergelangan Tangan (2 x 8)
        - Tulang Telapak Tangan (2 x 5)
        - Tulang Ruas Jari Tangan (2 x 14)
    - Anggota Gerak Bawah
      - Tulang Gelang Panggul →
        - Tulang Duduk (2)
        - Tulang Usus (2)
        - Tulang Kemaluan (2)
      - Tulang Tungkai Bawah →
        - Tulang Paha (2)
        - Tulang Tempurung Lutut (2)
        - Tulang Betis (2)
        - Tulang Kering (2)
        - Tulang Pergelangan Kaki (2 X 7)
        - Tulang Telapak Kaki (2 X 5)
        - Tulang Ruas Jari (2 x 14)

Gambar 3.5 Skema Struktur Rangka Manusia

c. Tulang berdasarkan jaringan penyusunnya

1) Tulang keras

Tulang keras merupakan tulang yang padat dan keras. tersusun dari 70% zat anorganik terutama kalsium fosfat dan 30% zat oganik terutama serabut tebal dan padat yang saling menjalin (serabut kolagen). Ciri utama tulang keras adalah adanya sel *osteosit* yang berperan dalam pembentukan matrik tulang. Tulang keras terdiri atas tulang kompak *(compact bone)* yang mempunyai matriks tersusun rapat dan tulang spongiosa *(spongy bone)* yang matriknya berongga-rongga.

Umumnya bagian luar tulang tersusun dari tulang kompak, sedangkan bagian sentralnya tersusun tulang spongiosa. Contohnya, tulang belakang, tulang rusuk dan tulang tengkorak.

2) Tulang rawan *(cartilago)*

Tulang rawan tidak mengandung kristal kalsium fosfat. Tulang rawan disusun oleh sel *kondrosit*. Berdasarkan ada tidaknya serabut, tulang rawan dibedakan lagi menjadi tulang rawan hialin (tidak ada serabut), tulang rawan elastis (mengandung serabut elastis), dan tulang rawan fibrosa (mengandung serabut kolagen).

2. Persendian atau artikulasi

Persendian merupakan hubungan antara tulang dengan tulang. Hubungan ini adakalanya longgar sehingga memungkinkan kedua tulang yang berhubungan dapat bergerak bebas. Namun, ada hubungan antar tulang yang sangat erat sehingga tidak memungkinkan adanya gerakan. Persendian dapat dibedakan berdasarkan kemungkinan adanya gerak antar tulang yang berhubungan dan strukturnya.

a. Berdasarkan adanya gerak

Persendian berdasarkan kemungkinan geraknya dapat dibedakan atas sinartrosis, amfiartrosis, dan diartrosis.

1) Sinartrosis (sendi mati) merupakan persendian yang tidak memungkinkan adanya gerak sama sekali antara tulang yang bersambungan. Contohnya, persendian antara tulang-tulang tengkorak (sutura).
2) Amfiartrosis adalah persendian yang memungkinkan adanya sedikit gerakan antara tulang-tulang yang bersendi. Contohnya, persambungan antara ruas-ruas tulang belakang dan antara tulang rusuk dan tulang dada.
3) Diartrosis adalah persendian yang memungkinkan adanya gerak bebas antara tulang-tulang yang bersendi. Sebagian besar persendian rangka tubuh manusia merupakan diartosis. Diartrosis dibedakan menjadi 6 macam, yaitu

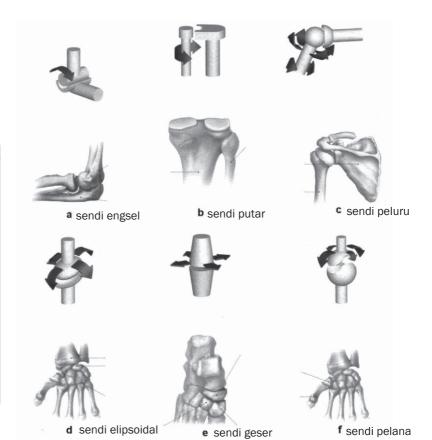
a) Sendi engsel
Persendian ini memungkinkan adanya gerakan hanya satu bidang datar, seperti gerak membuka dan menutup pintu. Gerakannya berupa gerak mengecilkan sudut (fleksi) atau gerak membesarkan sudut (ekstensi). Contoh: sendi siku dan sendi lutut. Coba gerakkan siku dan lututmu.

b) Sendi luncur (geser)
Sendi ini memungkinkan gerak kiri kanan dan muka belakang. Contoh: sendi antara tulang-tulang karpal dan tarsal.

c) Sendi peluru
Permukaan sendi tulang pertama berbentuk seperti bola yang masuk ke permukaan cekung atau seperti mangkuk dari tulang kedua. Sendi ini memungkinkan gerakan triaksial, yaitu gerak fleksi-ekstensi, gerak abduksi-aduksi, dan rotasi. Contoh: persendian antara tulang lengan atas dengan tulang belikat.

d) Sendi putar
Permukaan tulang pertama membulat, meruncing, atau berbentuk kerucut dan bersendi dengan lekuk yang dangkal dari tulang lain. Sendi ini hanya dapat bergerak satu arah (monoaksial) yang memutar. Contoh: persendian antara tulang atlas dan dasar tulang tengkorak yang menghasilkan gerak geleng kepala. Mari kita coba untuk menggelengkan kepala, apa yang kamu rasakan?

e) Sendi pelana
Sendi ini dibentuk oleh tulang dengan permukaan cekung yang masuk ke dalam tulang yang permukaannya cembung. Persendian ini memungkinkan gerak menyamping (kanan-kiri) dan gerak muka belakang. Contoh: sendi antara ruas jari dengan telapak tangan. Coba kamu gerakkan telapak tanganmu. Apa yang kamu rasakan?

f) Sendi elipsoidal
Sendi ini dibentuk oleh ujung tulang berbentuk oval yang masuk ke cekungan tulang lain yang berbentuk elips. Gerakannya ke arah kanan-kiri dan muka belakang. Contoh: sendi antara tulang radius dan tulang karpal yang memungkinkan telapak tangan ke atas bawah dan ke kanan kiri.

Gambar 3.6 Macam-macam Sendi
Sumber Gambar: Corbei, Chude, Archam Bault. Kamus Visual (2004: 156)

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk memperluas wawasan akan materi ini. http://id.wikipedia.org/wiki/Tulang http://www.indomedia.com/intisari1997/maret/tulang.htm http://www.biology-4kids.com

b. **Berdasarkan struktur atau jaringan yang menghubungkannya**

Persendian antara tulang-tulang berdasarkan jaringan yang menghubungkannya dapat dibedakan atas:

1) sindesmosis: persendian di mana tulang yang bersendi dihubungkan oleh jaringan fibrosa padat. Misalnya, hubungan sutura anak yang masih dalam pertumbuhan.
2) sinkondrosis: persendian di mana tulang yang bersendi dihubungkan oleh tulang rawan hialin. Misalnya, persendian antara ruas-ruas tulang belakang.
3) sinostosis: persendian di mana antara tulang yang bersendi dihubungkan oleh jaringan tulang. Misalnya, sutura orang dewasa.

3. Gangguan pada tulang

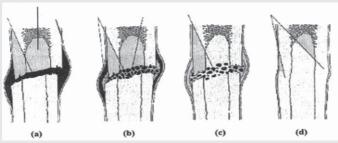
Beberapa gangguan yang dapat terjadi pada tulang, antara lain.

a. **rikets**, kelainan tulang pada anak yang disebabkan defisiensi vitamin D. Tulang ini biasanya lunak dan jika berjalan maka tulang akan melengkung.

b. **osteomalasia**, kelainan tulang kerena defisiensi vitamin D pada orang dewasa. Tulang yang kekurangan fosfor dan kalsium sehingga menjadi lunak. Osteomalasia kebanyakan diderita oleh wanita yang kurang makan padi-padian, susu, jarang terkena sinar matahari, dan sering melahirkan.
c. **steoporosis** atau osteopenia, kelainan tulang yang kebanyakan diderita oleh orang tengah baya atau tua yang sudah menopause. Kelainan ini berupa menurunnya kerja sel osteoblas sebagai akibat penurunan produksi hormon estrogen. Tulang akhirnya menjadi rapuh dan mudah patah. Penyakit ini dapat diatasi dengan banyak minum susu yang mengandung kalsium.
d. **artritis**, gangguan tulang yang berupa peradangan pada sendi yang disebabkan keseleo, infeksi, dan luka sendi.

Kilasan IPA

Patah tulang

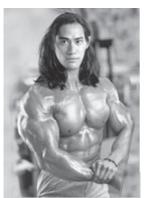
Dapatkah tulang patah disambung? Tulang yang patah dapat disambung kembali, tetapi tulang harus diluruskan dan tidak boleh digerakkan. Tulang yang patah serius harus disisipkan pen dari logam antikarat. Berikut ini gambaran perbaikan patah tulang.

Gambar 3.7 Proses Perbaikan Patah Tulang
Sumber Gambar: Soewolo, Soedjono Basoeki, dan Titi Yudani. Common Text Book Fisiologi Manusia (2003:29).

a. Gumpalan darah mengumpul pada daerah tulang yang patah.
b. Fibrolas masuk ke gumpalan darah.
c. Kalsium didepositkan ke kalus sehingga kedua ujung tulang yang patah menyatu kembali.
d. Kedua ujung tulang telah menyatu kembali.

Uji Latih Diri 3.1

1. Bagaimana mencegah tulang keropos sejak dini?
2. Apa yang harus dilakukan pertama kali jika tangan keseleo?

B. Sistem Otot Manusia

Wah... kalian pasti kenal Ade Rai, kan? Ia adalah atlet binaraga Indonesia yang telah berprestasi di tingkat Internasional. Sebagai atlet binaraga, otot-otot tubuh Ade Rai sangat terlatih dan bagus bentuknya. Otot-otot itulah yang berpengaruh pada kemampuan kita melakukan sesuatu.

Gambar 3.8 Ade Rai (Atlet Binaraga)
Sumber Gambar: http://www.balifitnescenter.com

Jaringan otot yang biasa disebut daging merupakan alat gerak aktif manusia. Jaringan otot memiliki kemampuan untuk berkontraksi. Fungsi jaringan otot adalah melaksanakan gerakan, memelihara postur tubuh, dan memproduksi panas.

1. Macam-macam otot manusia

Otot manusia dibedakan menjadi otot lurik, otot polos, dan otot jantung.

a. Otot lurik (otot rangka)

Rangka tubuh manusia dapat bergerak karena adanya kontraksi dan relaksasi dari otot lurik. Otot ini bekerja di bawah kendali sistem saraf sadar atau menurut kehendak kita. Otot rangka umumnya melekat pada rangka (tulang). Namun, ada otot lurik yang tidak melekat sama sekali, misalnya otot lidah dan otot mata eksternal. Ujung otot yang melekat pada tulang disebut tendon. Ujung otot yang melekat pada tulang yang cenderung diam disebut origo, sedangkan pada tulang yang relatif aktif disebut insersio.

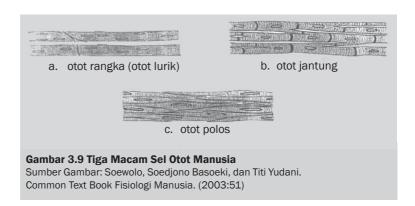
Otot lurik tersusun atas *muscle fiber* atau serabut otot. *Muscle fiber*, yaitu sel-sel yang panjang, tidak bercabang, dan berinti banyak yang menyebar di bagian pinggir. Jika menggunakan mikroskop, terlihat adanya garis-garis melintang gelap terang.

b. Otot polos

Otot polos tidak memiliki garis melintang ketika dilihat di bawah mikroskop. Otot polos berbentuk seperti gelendong dengan satu inti terletak di tengah dan bekerja di luar kesadaran kita. Otot ini dapat dijumpai pada organ-organ dalam dan pembuluh darah manusia. Contohnya, pada saluran pencernaan makanan, kandung kencing, uterus, ureter, dan sebagainya.

c. Otot jantung

Otot jantung berbentuk menyerupai otot rangka, tetapi sifat kerjanya sama dengan otot polos. Otot jantung bercabang-cabang mempunyai inti di tengah sel dan terdapat garis melintang gelap terang, seperti pada otot rangka.

Gambar 3.9 Tiga Macam Sel Otot Manusia
Sumber Gambar: Soewolo, Soedjono Basoeki, dan Titi Yudani. Common Text Book Fisiologi Manusia. (2003:51)

2. Kerja otot

Otot pada umumnya bekerja dalam kelompok untuk menghasilkan suatu gerakan. Dua kelompok otot atau lebih dapat bekerja secara antagonis atau sinergis. Antagonis maksudnya kerja antara dua kelompok otot saling berlawanan. Jika satu kelompok otot berkontraksi maka kelompok otot yang lain berelaksasi. Contohnya, kerja otot bisep dan trisep.

Sebaliknya, kerja otot sinergis berarti kedua kelompok otot bekerja secara bersama-sama dan tidak saling melawan. Contohnya, otot-otot tulang rusuk yang bekerja bersama-sama ketika kita menarik napas. Kontraksi otot dapat terjadi karena adanya ion Ca^{2+} di dalam jaringan otot.

Gambar 3.9 Contoh kerja otot antagonis, bisep, dan trisep
Sumber Gambar: Biggs, Kapicka & Lundgren, Biology: The Dinamic of Life (1995:939)

3. Gangguan pada sistem otot

Beberapa gangguan otot, yaitu

a. fibrosis, berupa pembentukan jaringan fibrosa pada otot. Dengan adanya jaringan fibrosa, otot akan degenerasi sehingga tidak dapat berkontraksi.
b. fibrositis, peradangan pada jaringan fibrosa, biasanya menyebabkan rasa sakit kekakuan pada jaringan fibrosa dan otot yang dilapisinya.
c. distrofi otot, degenerasi otot karena keturunan yang menyebabkan otot rangka menjadi lemah secara seimbang antara kanan dan kiri.
d. miastenia grafis, keadaan melemahnya otot-otot rangka terutama daerah muka dan tenggorokan yang disebabkan gangguan pada persambungan saraf otot. Biasanya menyerang wanita usia 18 – 25 tahun dan laki-laki usia di atas 40 tahun.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk memperluas wawasan akan materi ini.
http://ms.wikipedia.org/wiki/otot_rangka
http://www.web-books.com/elibrary/medicine/Physiology/Muscular/

Uji Latih Diri 3.2

1. Bagaimanakah sistem kerja otot sinergis dan antagonis? Apa contohnya?
2. Pernakah kamu merasakan nyeri otot kakimu ketika selesai berlari atau berjalan jauh? Apa yang kamu lakukan untuk mengatasinya?

Tugas Proyek

Studi Kasus

Kamu mungkin mengenal seseorang yang lebih tua terkena osteoporosis. Para peneliti merekomendasikan olahraga dan asupan kalsium maksimum selama masa remaja hingga umur dua puluh tahunan untuk mencegah osteoporosis.
Apakah wajar untuk mengharapkan orang-orang muda memandang diri mereka sebagai orang lanjut usia? Bagaimana caramu merekomendasikan mereka (orang muda) untuk mengembangkan kebiasaan sehat mencegah osteoporosis?
Sumber: Disarikan dari Campbell,et.al. Biologi Edisi Kelima Jilid 3 (1999:265)

Rangkuman

Tulang sebagai penyusun rangka terbagi menjadi tulang rangka sumbu dan tulang rangka anggota gerak. Berdasarkan bentuknya, tulang dapat dibagi menjadi tulang pipa, tulang pendek, tulang pipih, dan tulang tidak beraturan. Berdasarkan jaringan penyusunnya, tulang dikelompokkan menjadi tulang keras dan tulang rawan.

Persendian berdasarkan adanya gerak dapat dikelompokkan menjadi sendi sinartrosis, amfiartrosis, dan diartrosis. Berdasarkan struktur atau jaringan yang menghubungkannya dibedakan menjadi sindesmosis, sinkondrosis, dan sinostosis.

Gangguan pada tulang dapat disebabkan oleh kekurangan vitamin, mineral, kekurangan atau kelebihan hormon. Beberapa gangguan pada tulang, yaitu rikets, osteomalasia, osteoporosis, osteopenia, dan artritis.

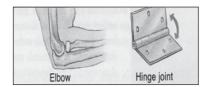
Otot manusia dibedakan atas 3 macam, yaitu otot lurik (otot rangka), otot polos, dan otot jantung. Fungsi utama otot, yaitu melaksanakan gerakan, memelihara postur tubuh, dan memproduksi panas. Otot dapat bekerja secara sinergis dan antagonis. Beberapa gangguan pada sistem otot, antara lain fibrosis, fibrositis, distrofi otot, dan miastenia grafis.

Evaluasi Diri 3

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Sistem gerak yang yang terlibat saat seorang atlet bola basket melakukan *slamduk* adalah ....
   a. tulang dan tendon
   b. saraf dan otot
   c. tulang dan otot
   d. tulang dan sendi

2. Di bawah ini yang termasuk tulang penyusun poros tubuh manusia adalah ....
   a. tulang dada
   b. tulang lengan atas
   c. tulang paha
   d. tulang belikat

3. Gambar berikut ini menunjukkan sendi ....

a. sendi engsel
b. sendi pelana
c. sendi peluru
d. sendi putar

4. Hubungan antartulang yang memungkinkan adanya gerak bebas disebut ....
a. sinartrosis
b. amfiartrosis
c. diartrosis
d. sindesmosis

5. Orang tua yang sudah menopause biasanya mengalami penurunan kerja sel osteoblas sehingga tulangnya rapuh dan mudah patah. Kelainan seperti ini disebut ....
a. osteoporosis
b. artritis
c. rikets
d. osteomalasia

6. Sifat khas yang dimiliki oleh jaringan otot sehingga mampu melakukan gerakan adalah ....
a. iritabilitas
b. konduktifitas
c. kontraktilitas
d. merespon rangsangan (stimulus)

7. Otot yang melekat pada rangka tubuh manusia dan berfungsi sebagai alat gerak aktif di bawah kendali sistem saraf sadar adalah ....
a. otot polos
b. otot rangka
c. otot jantung
d. otot polos dan otot lurik

8. Otot jantung dan otot lurik memiliki perbedaan dalam hal ....
a. sifat kerja
b. sifat kerja, bentuk, dan letak
c. bentuk
d. letak

9. Jika suatu kelompok otot berkontraksi untuk menghasilkan gerakan, tetapi kelompok otot lainnya relaksasi maka termasuk kerja otot yang ....
   a. antagonis
   b. sinergis
   c. origo
   d. insersio

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Jika dilihat berdasarkan strukturnya, tulang dapat dibedakan menjadi berapa macam?
2. Apa perbedaan antara otot rangka, otot polos, dan otot jantung?
3. Kelainan-kelainan apa saja yang sering terjadi pada otot dan tulang?

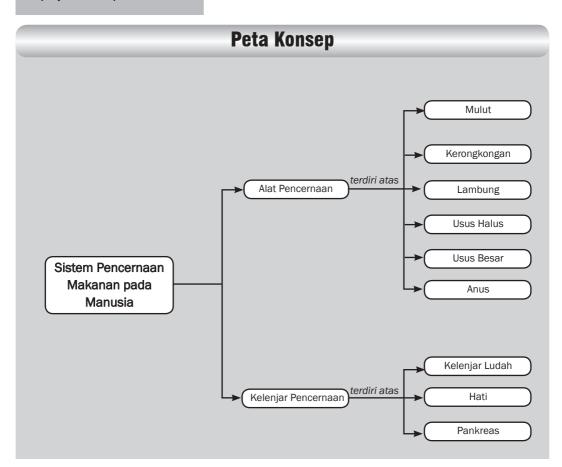
BAB IV

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:
1. membandingkan pencernaan mekanik dan kimiawi, serta fungsinya bagi tubuh manusia;
2. membedakan antara saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan;
3. menjelaskan fungsi makanan bagi tubuh;
4. mendeskripsikan jenis makanan berdasarkan kandungan zatnya;
5. menjelaskan berbagai kelainan dan penyakit sistem pencernaan.

SISTEM PENCERNAAN MANUSIA

Peta Konsep

Sistem Pencernaan Makanan pada Manusia
- Alat Pencernaan *terdiri atas*
  - Mulut
  - Kerongkongan
  - Lambung
  - Usus Halus
  - Usus Besar
  - Anus
- Kelenjar Pencernaan *terdiri atas*
  - Kelenjar Ludah
  - Hati
  - Pankreas

Gambar 4.1 **Nasi dan Lauknya**
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

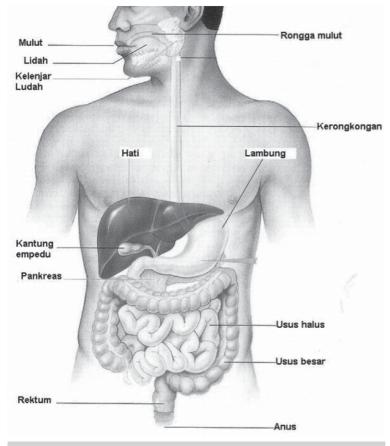
Kita memerlukan makan setiap hari. Apa yang kamu rasakan jika terlambat makan? Tentu saja kita akan merasa lapar dan kehilangan tenaga. Apa yang akan terjadi dengan makanan yang dimakan? Bagaimana makanan itu dapat menjadi energi?

A. Sistem Pencernaan Makanan

Makanan yang kita makan pada umumnya masih sangat kompleks dan belum siap pakai sehingga perlu dicerna agar siap dimanfaatkan oleh tubuh. Proses pengubahan makanan dari bentuk yang sangat kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana hingga dapat diserap oleh sel-sel tubuh disebut pencernaan makanan.

Organ-organ maupun kelenjar yang mendukung proses pencernaan membentuk suatu sistem pencernaan. Sistem tersebut terdiri atas rongga mulut, tekak, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, dan anus. Selain itu, ada beberapa kelenjar, yaitu kelenjar ludah, hati dan kelenjar pankreas.

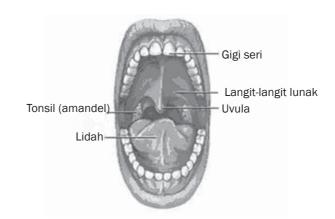
Kata-Kata Kunci
(Key Words)

gigi
lidah
kelenjar ludah
kerongkongan
lambung
usus dua belas jari
jejunum
ileum
amilase
tripsin
pankreas
kelenjar parotis
usus besar
rectum
anus

Gambar 4.2 Sistem Pencernaan Makanan Manusia
Sumber Gambar: Diolah dari Campbell,et al.Biology Concepts and Connections (2000: 434).

Saluran pencernaan berfungsi sebagai berikut.
1) menerima makanan (mulut)
2) memecah makanan menjadi zat-zat gizi (mulut dan lambung)
3) menyerap zat-zat gizi ke dalam aliran darah (usus)
4) membuang bagian makanan yang tidak dapat dicerna dari tubuh

1. Rongga mulut

Di dalam rongga mulut terdapat gigi, lidah, dan kelenjar ludah, seperti pada gambar berikut.

Rongga mulut manusia terdiri dari
1) gigi
2) langit-langit lunak
3) uvula
4) amandel
5) lidah

Gambar 4.3 Susunan Rongga Mulut manusia.
Sumber gambar: Diolah dari Campbell,et al. Biology Concepts and Connections. (2000:435)

Mulut merupakan jalan masuk untuk sistem pencernaan. Bagian dalam mulut dilapisi oleh selaput lendir.

a. Gigi

Biasanya kita merasa malas makan jika sakit gigi. Mengapa? Gigi berfungsi mencerna makanan secara mekanik sehingga makanan menjadi halus. Makanan dipotong-potong oleh gigi depan *(incisivus)* dan dikunyah oleh gigi belakang (molar, geraham) menjadi bagian-bagian kecil.

a. gigi seri b. gigi taring

c. gigi parmolar e. gigi molar

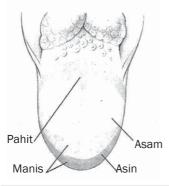
Gambar 4.4 Jenis-jenis Gigi
Sumber Gambar: Soewolo, Sudjono, dan Titi Yudani, Common Text Book Fisiologi Manusia (2003:84).

Manusia memiliki empat jenis gigi untuk mengunyah makanan, yaitu
1) gigi seri, berbentuk pipih dan tajam untuk mengiris makanan;
2) gigi taring, ujungnya yang runcing untuk mencabik dan merobek makanan;
3) gigi pramolar (geraham depan), bentuknya berlekuk-lekuk untuk mengiris dan melembutkan makanan;
4) gigi molar (geraham belakang), bentuknya berlekuk-lekuk untuk melembutkan makanan.

Struktur gigi terdiri atas
1) mahkota, menonjol dari rahang
2) akar, tertanam dalam rahang
3) leher, antara mahkota dan akar
4) email, melapisi mahkota yang merupakan zat terkeras di dalam tubuh
5) dentin, lekukan utama pada ujung gigi yang menyerupai tulang
6) sementum, lapisan yang keras di sekeliling akar
7) *pulp*, jaringan lembut berisi saraf dan pembuluh darah

Gambar 4. 5 Struktur Gigi
Sumber Gambar: Diolah Starr. Biology Concepts and Applications. (2006:615)

b. Lidah

Lidah berfungsi untuk membantu mengatur letak makanan di dalam rongga mulut dan mendorong makanan masuk ke kerongkongan. Selain itu, lidah juga berguna untuk merasakan makanan, membantu membersihkan rongga mulut, dan sebagai alat bantu bersuara.

Lidah mempunyai badan sel saraf perasa, seperti berikut ini.

1) Di bagian depan, untuk merasakan asin dan manis.
2) Di bagian pinggir, untuk merasakan asam.
3) Di bagian belakang, untuk merasakan pahit.

Gambar 4.6 Lidah
Sumber Gambar: Diolah dari Campbell,et al, Biology Concepts and Connections (2000:597).

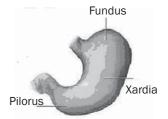
Di sekitar rongga mulut terdapat beberapa kelenjar ludah, antara lain kelenjar parotis (di dekat pelipis), kelenjar ludah rahang bawah, dan kelenjar ludah bawah lidah. Getah ludah yang dihasilkan dialirkan ke dalam rongga mulut.

Ludah mengandung air, lendir, garam, dan enzim pitialin. Enzim ini berguna untuk mengubah amilum menjadi gula, yaitu maltosa dan glukosa. Ludah akan membungkus makanan dengan enzim-enzim pencernaan dan mulai mencernanya. Ludah juga mengandung antibodi dan enzim (misalnya*,* lisozim) yang memecah protein dan menyerang bakteri secara langsung. Proses menelan dimulai secara sadar dan berlanjut secara otomatis.

c. Kerongkongan

Kerongkongan adalah saluran yang menghubungkan rongga mulut dengan lambung. Dinding kerongkongan mengandung lendir yang berfungsi untuk membasahi makanan. Kemudian, makanan didorong dengan gerakan kontraksi secara bergelombang. Gerakan tersebut dinamakan gerakan peristaltik yang terjadi di dalam lambung dan usus.

d. Lambung

Makanan dari kerongkongan masuk ke lambung melalui otot berbentuk cincin (*sfingter cardia*) diujung muara kerongkongan yang dapat membuka dan menutup. Dalam keadaan normal, *sfingter* ini menghalangi masuknya kembali isi lambung ke dalam kerongkongan. Lambung terdiri dari 3 bagian, yaitu *kardia, fundus,* dan *pilorus*. Lambung dapat berkontraksi secara ritmik untuk mencampur makanan dengan enzim-enzim. Sel-sel yang melapisi lambung menghasilkan 3 zat penting, yaitu

Gambar 4.7 Lambung
Sumber Gambar: http://www.yahoo.com/images

1) Asam klorida (HCl);

Asam klorida berfungsi untuk membunuh organisme dan bakteri yang masuk bersama makanan serta menciptakan suasana yang sangat asam yang diperlukan pepsin untuk memecah protein.

2) Pepsin;

Pepsin berasal dari pepsinogen yang telah diubah oleh asam lambung. Pepsin berfungsi sebagai enzim yang mengubah protein menjadi molekul-molekul yang lebih kecil yang disebut pepton.

3) Renin;

Renin berfungsi sebagai enzim yang dapat mengendapkan atau menggumpalkan protein susu dari air susu. Renin hanya terdapat pada bayi.

Di dinding lambung terdapat lendir yang melindungi sel-sel lambung dari kerusakan yang disebabkan asam lambung. Jika jumlah asam terlalu sedikit atau terlalu banyak dan terjadi kelainan pada lapisan lendir ini, kerusakan pada lambung mengarah pada terbentuknya luka yang disebut tukak lambung.

Gambar 4.8 Usus Halus
Sumber Gambar: http//yahoo.com/images_search

e. Usus halus

Lambung melepaskan makanan ke dalam usus dua belas jari (duodenum) yang merupakan bagian pertama dari usus halus. Otot yang mengatur makanan dari lambung masuk ke duodenum adalah *sfingter pylorus.* Usus halus merupakan saluran pencernaan yang paling panjang.

Gambar 4.9 Usus 12 Jari
Sumber Gambar: www.yahoo.com/images_search

f. Usus dua belas jari (duodenum)

Panjang usus ini kurang lebih 12 jari berjajar paralel atau sekitar 0,25 meter. Satu lubang pada dinding usus ini berhubungan dengan dua kelenjar pencernaan yang besar, yaitu pankreas dan hati.

g. Usus kosong (jejenum)

Usus kosong merupakan tempat pencernaan makanan terakhir sebelum sari makanan diserap. Panjang usus ini kurang lebih 2,5 m. Di dalam usus ini, makanan mengalami pencernaan secara kimiawi oleh enzim yang dihasilkan dinding usus dan menjadi bentuk yang siap diserap.

h. Usus penyerapan (ileum)

Makanan hasil proses pencernaan akan diserap oleh usus penyerapan. Panjang usus ini kurang lebih 3,5 m. Pada permukaan dalam usus, penyerapan terdapat tonjolan (jonjot usus). Setiap jonjot-jonjot usus tersebut terdapat tonjolan lagi yang lebih kecil. Fungsi jonjot usus adalah memperluas permukaan penyerapan sari-sari makanan.

Di dalam usus halus terjadi pelumatan dan penyerapan sari-sari makanan. Penyerapan terjadi karena adanya difusi, osmosis, dan pengaruh kegiatan sel-sel hidup. Dinding usus melepaskan lendir (yang melumasi isi usus) dan air (yang membantu melarutkan pecahan-pecahan makanan yang dicerna). Dinding usus juga melepaskan sejumlah kecil enzim yang mencerna protein, gula, dan lemak.

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk memperluas wawasan akan materi ini.
http://free.vlsm.org/v12/sponsor/Sponsor-Pendamping/Praweda/Biologi/
http://www.e-smartschool.com/

Dinding usus kaya akan pembuluh darah yang mengangkut zat-zat yang diserap ke hati melalui vena porta. Sari makanan yang berupa gula, asam amino, dan mineral diedarkan melalui pembuluh darah. Dalam jonjot usus terdapat pembuluh *kill* yang berisi limpa. Pembuluh ini bersambung dengan pembuluh limpa yang akhirnya bermuara di pembuluh darah.

Panjang usus halus beberapa meter yang ujungnya bermuara ke dalam sisi usus besar sehingga terbentuk usus buntu, yaitu satu bagian pendek usus besar yang buntu.

Beberapa macam enzim yang berperan dalam sistem pencernaan dapat dilihat pada tabel berikut. Mari kita cermati tabelnya.

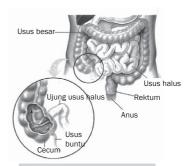
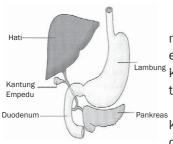
Tabel 4.1 Enzim Pencernaan dan Fungsinya

Tempat	Enzim	Fungsi
Mulut	Ptialin	Mencerna karbohidrat menjadi glukosa dan maltosa
Lambung	HCl	Membunuh mikroorganisme dan mengaktifkan pepsinogen
	Pepsinogen	Diaktifkan HCl menjadi pepsin untuk mencerna protein menjadi pepton
	Renin	Menggumpalkan protein susu (kasein)
Usus Dua Belas Jari	Amilase	Mencerna karbohidrat menjadi glukosa
	Tripsin	Mencerna protein menjadi asam amino
	Lipase	Mencerna lemak menjadi asam lemak dan gliserol
Usus Halus	Erepsin	Menguraikan pepton menjadi asam amino
	Amilase	Menguraikan karbohidrat menjadi glukosa
	Lipase	Menguraikan lemak menjadi asam lemak dan gliserol
	Enterokinase	Mengaktifkan tripsinogen menjadi tripsin

i. Usus besar

Bahan makanan yang sudah melalui usus halus, akhirnya didorong masuk ke dalam usus besar. Panjang usus ini kurang lebih 1 m.

Di sebelah kanan dalam rongga perut terdapat usus besar naik, dalam rongga perut sebelah atas terdapat lanjutannya sebagai usus besar melintang, dan dalam rongga perut sebelah kiri dijumpai usus besar turun yang berlanjut sebagai usus besar bentuk ”S”. Usus bentuk ini, kemudian menjadi poros usus (*rectum*). Di dalam usus besar, sisa-sisa makanan yang tidak dapat dicerna lagi menjadi kental karena airnya diserap kembali oleh dinding usus besar. Sisa makanan tersebut sampai ke dalam poros usus, akhirnya bermuara di anus yang nantinya dikeluarkan.

Anus merupakan lubang di ujung saluran pencernaan, yaitu tempat keluarnya limbah dari tubuh. Sebagian anus terbentuk dari permukaan tubuh (kulit) dan sebagian lainnya dari usus. Suatu cincin berotot *(sfingter ani)* menjaga agar anus tetap tertutup.

Gambar 4.10 Usus Besar dan Bagian-bagiannya
Sumber Gambar: Diolah dari Campbell,et al.Biology Concepts and Connections (2000:440).

Gambar 4.11 Hati
Sumber Gambar: Diolah dari Campbell, et.al. Biologycal Concepts and Connections (2000:438).

j. Hati dan kelenjar ludah perut

Hati terletak di bawah sekat rongga badan dan sebagian besar mengisi bagian atas rongga perut sebelah kanan. Hati memproduksi empedu (cairan berwarna kuning kehijauan) yang terkumpul dalam kantong empedu. Hati berfungsi mengatur kadar bahan kimia dalam tubuh dan menghasilkan zat-zat pembekuan darah.

Zat-zat gizi dari makanan diserap ke dalam dinding usus yang kaya akan pembuluh darah kapiler. Kapiler ini mengalirkan darah ke dalam vena yang bergabung dengan vena yang lebih besar. Akhirnya, masuk ke dalam hati sebagai vena porta. Vena porta terbagi menjadi pembuluh-pembuluh kecil di dalam hati yang mengolah darah yang masuk. Darah yang kaya zat gizi tersebut dialirkan ke dalam sirkulasi umum.

Kantong empedu merupakan kantong otot kecil yang berfungsi untuk menyimpan empedu. Pada waktu tertentu, empedu dipompakan ke dalam usus dua belas jari melalui pipa empedu. Di dalam usus dua belas jari, getah empedu berfungsi mengemulsikan lemak.

Uji Latih Diri 4.1

1. Menurutmu, apakah yang dimaksud mencerna makanan?
2. Organ dan enzim apa sajakah yang membantu proses pencernaan dalam tubuh kita?

B. Fungsi Makanan

Pernahkah kamu mendengar bunyi perutmu pada saat lapar? Makanan diperlukan oleh tubuh untuk menghasilkan energi. Bahan makanan dicerna oleh organ pencerna makanan menjadi sari makanan yang siap diserap usus. Sari-sari makanan tersebut akan mengalami proses metabolisme di dalam sel untuk menghasilkan energi.

Karbohidrat, protein, dan lemak merupakan sumber energi sehingga diperlukan dalam jumlah yang besar. Vitamin, garam mineral, dan air merupakan bahan yang diperlukan dalam jumlah yang relatif sedikit, sedangkan air diperlukan dalam jumlah yang banyak.

a. nasi

b. singkong

1. Karbohidrat sebagai sumber energi

Karbohidrat merupakan sumber energi. Energi digunakan tubuh untuk bergerak, tumbuh, mempertahankan suhu tubuh, dan berkembang biak. Kebutuhan akan energi tergantung pada jenis kelamin, usia, berat badan, dan jenis kegiatan yang dilakukan. Bahan makanan apa yang banyak mengandung karbohidrat?

Jika kebutuhan energi telah tercukupi dan karbohidrat masih tersisa, kelebihan tersebut akan ditimbun dalam bentuk lemak pada organ hati dan otot. Hal ini menyebabkan tubuh menjadi gemuk. Satu gram karbohidrat menghasilkan sekitar 4 kalori.

Tahukah kamu, bagaimana karbohidrat dicerna? Di dalam rongga mulut, karbohidrat diubah menjadi zat gula dengan bantuan enzim ptialin. Karena zat-zat tersebut belum dapat terserap maka perlu dicerna lebih lanjut di usus. Di dalam usus dua belas jari, karbohidrat diubah menjadi glukosa oleh enzim amilase, kemudian diangkut ke hati, sedangkan sebagian lagi terus mengikuti aliran darah di seluruh tubuh.

c. roti

Gambar 4.12 Contoh Bahan Makanan yang Mengandung Karbohidrat
Sumber Gambar: http://2.srv.fotopages.com/2/11988401/Nasi-dan-Setnya.jpg; http://images.google.com.pk/images/Singkong;http://images.media75.multiply.com/image/1/photos/upload

2. Protein sebagai pengganti dan pertumbuhan sel

Bahan makanan apa yang mengandung protein? Protein yang dimakan akan dicerna menjadi asam amino. Fungsi protein adalah pembangun tubuh, pengganti sel-sel yang rusak (fungsi struktural), sebagai komponen enzim yang mengakatalis proses biokimia sel (fungsi fungsional).

Berdasarkan sumbernya, protein dibedakan menjadi protein hewani dan protein nabati. Protein hewani adalah protein yang berasal dari hewan dengan kandungan asam amino yang lebih lengkap, seperti telur, daging, susu, keju, dan ikan. Protein nabati adalah protein yang berasal dari tumbuhan, seperti tempe, tahu, kacang merah, dan kedelai.

Gambar 4.13 Telur sebagai sumber Protein Hewani
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Kelebihan protein dalam tubuh akan dibuang bersama urine dan feses. Sebaliknya, jika kekurangan protein akan berakibat membengkaknya kaki dan tangan. Akibat lainnya adalah *kwashiorkor* yang diderita oleh bayi dan anak-anak.

3. Lemak sebagai sumber cadangan energi

Lemak berfungsi sebagai sumber cadangan energi yang disimpan di jaringan bawah kulit dan pelindung tubuh dari suhu rendah. Lemak tersusun oleh unsur karbon, hidrogen, dan sedikit oksigen. Akibatnya pada saat oksidasi, lemak mempunyai kemampuan mengikat oksigen lebih banyak daripada karbohidrat sehingga lemak mampu menghasilkan oksigen lebih banyak. Satu gram lemak menghasilkan energi sekitar 9 kalori.

Makanan yang banyak mengandung lemak, antara lain kacang, kelapa, minyak jagung, minyak kedelai, mentega, susu, ikan basah, dan lain-lain. Makanan berlemak apa yang sering kamu konsumsi di rumah?

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk memperluas wawasan akan materi ini.
http://bebas.vlsm.org/v12/sponsor/Sponsor-Pendamping/Praweda/Biologi/
http://www.e-smartschool.com/
http://bio-um.blogspot.com/2007/04/sistem-pencernaan.html

Kilasan IPA

Kolesterol dan Kesehatan

Ketika kamu berbelanja di toko makanan, biasanya terdapat margarin dan mentega (*butter*). Di label margarin tertulis "diproses sedemikian rupa sehingga bebas kolesterol", sedangkan pada mentega tidak tertulis. Jika kalian memilih margarin dengan alasan kolesterol berbahaya bagi kesehatan, itu berarti pilihan yang tepat. Margarin berasal dari minyak tumbuh-tumbuhan (kelapa sawit) dan tidak mengandung kolesterol.

Tahukah kamu, anggapan bahwa kolesterol berbahaya bagi kesehatan adalah anggapan yang tidak tepat. Kolesterol adalah senyawa yang amat diperlukan bagi pembentukan membran sel dan pembentukan berbagai hormon reproduksi. Kolesterol baru akan berbahaya jika terdapat dalam jumlah yang berlebihan di dalam tubuh.

Gambar 4.14 Bahan Makanan yang Mengandung Vitamin
Sumber Gambar: http://tenagadalaman.files.wordpress.com/2007/07/makanan;http://images.google.com.pk/imgres/apel

4. Vitamin untuk melancarkan metabolisme tubuh

Vitamin merupakan zat pengatur yang tidak dapat menghasilkan energi. Kebutuhan manusia akan vitamin relatif sedikit. Akan tetapi, jika tubuh kekurangan vitamin, kesehatan akan terganggu. Kekurangan tubuh akan vitamin disebut avitaminosis (difisiensi).

Vitamin berfungsi sebagai komponen organik enzim yang disebut koenzim. Ada dua kelompok vitamin, yaitu vitamin yang larut dalam lemak dan yang tidak larut dalam lemak. Vitamin yang larut pada lemak yaitu A, D, E, K dapat disimpan dalam waktu yang lama. Kelebihan jumlah vitamin yang tidak larut dalam lemak akan dikeluarkan bersama urine.

5. Garam mineral

Garam mineral dibutuhkan secara sendiri-sendiri maupun secara kelompok. Setiap garam mineral mempunyai peranan tertentu di dalam tubuh, seperti diuraikan berikut ini.

a. Kalsium

Kalsium merupakan komponen penting bagi pembekuan darah, kontraksi otot, pembentukan tulang dan gigi. Selain itu, kalsium berperan juga bagi kerja jantung, dalam sistem pencernaan, dan sistem reproduksi. Sumber-sumber kalsium terkandung dalam susu, keju, daging, sayuran, dan sereal.

a. daging

b. keju

c. susu

Gambar 4.15 Bahan Makanan yang Mengandung Kalsium
Sumber Gambar: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/Lamb_meat.jpg; http://pdphoto.org/jons/pictures5/cheese_92_bg_122306.jpg; http://img.dailymail.

b. Zat Besi

Zat besi penting untuk menghasilkan hemoglobin, yaitu komponen sel darah merah yang membawa oksigen ke seluruh bagian tubuh. Zat besi banyak ditemukan dalam daging merah, telur, dan unggas, sereal, serta beberapa sayuran hijau, seperti bayam.

c. Iodium

Iodium mula-mula diserap di dalam sel folikel dari kelenjar gondok dalam bentuk garam iodida. Sel folikel mengubah iodida menjadi iodium. Sumber iodium diantaranya makanan laut, produk susu, dan garam beriodium.

Gambar 4.16 Bahan Makanan yang Mengandung Zat Besi
Sumber Gambar: http://www.asuransicigna.com/antioksidan.html

a. ikan laut

b. garam dapur

Gambar 4.17 Bahan Makanan yang Mengandung Mineral
Sumber Gambar:
http://www.artifex.org/dulles/alaska/pic_137-1-0.html;
http://www.sisalt.com

Gambar 4.18 Contoh Bahan Makanan yang Mengandung Fosfor (Berprotein Tinggi)
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

d. Magnesium

Magnesium terdapat pada daun sayuran, daging, dan kentang. Magnesium berfungsi sebagai kofaktor enzim pada metabolisme karbohidrat.

e. Fosfor

Fosfor yang berbentuk kristal kalsium fosfat terdapat dalam tubuh sebanyak 80% berada dalam tulang dan gigi. Fungsinya sebagai pemberi energi dan kekuatan untuk metabolisme lemak dan pati sebagai penunjang kesehatan gigi dan gusi. Fosfor juga berperan dalam pertumbuhan anak, sintesis DNA, serta penyerapan dan pemakaian kalsium. Kandungan fosfor dalam makanan banyak terdapat dalam makanan yang tinggi protein dan makanan olahan.

Gambar 4.19 Pisang, Contoh Bahan Makanan yang Mengandung Fosfor
Sumber Gambar: Suharso. "Pisang Cegah Resiko Stroke". Gaya Hidup Sehat (17 - 23 November 2006)

f. Kalium atau potasium

Unsur ini sangat penting bagi perambatan impuls saraf. Dapat diperoleh dari buah pisang dan sayuran.

g. Natrium atau sodium

Unsur ini berperan dalam perambatan impuls saraf dan menjaga keseimbangan osmotik. Sumbernya adalah garam dapur dan sayuran.

Gambar 4.20 Garam Dapur
Sumber Gambar: http://www.sisalt.com

6. Air

Air berfungsi melarutkan zat makanan, mempercepat reaksi di dalam tubuh, mengatur suhu tubuh, dan mengangkut zat sisi ke alat pembuangan.

C. Akibat Kelebihan atau Kekurangan Gizi

Makanan yang baik adalah makanan yang mengandung gizi dan seimbang antara karbohidrat, lemak, protein, vitamin, dan mineralnya.

Aktivitas yang dilakukan sehari-hari memerlukan energi yang berasal dari makanan yang dimakan. Jumlah energi yang diperlukan harus disesuaikan dengan berat ringannya aktivitas yang diperlukan. Jika makanan yang dimakan mengandung energi yang berlebihan, kelebihan zat makanan tersebut akan disimpan dalam bentuk lemak. Jika hal itu berlangsung terus menerus, kegemukan akan terjadi. Tubuh menjadi lebih rentan terhadap penyakit, seperti penyakit jantung, ginjal, kolesterol tinggi, asam urat tinggi, dan sesak napas. Gangguan kesehatan juga akan terjadi jika makanan yang kita makan kekurangan zat yang dibutuhkan tubuh.

Faktor yang mempengaruhi kecukupan gizi antara lain usia, pertumbuhan, jenis kelamin, berat dan tinggi tubuh, aktivitas tubuh, gen, dan keadaan hamil atau menyusui.

Kegiatan Ilmiah 4.1

Menyusun Menu Sehat

Tujuan : Menyusun menu makanan sehat untuk tiga hari.

Petunjuk Kerja :

1. Ajaklah tiga orang temanmu membentuk satu kelompok.
2. Buat menu makanan masakan sehat seimbang untuk tiga hari. Ingat, menu makanan yang kamu buat harus memerhatikan kandungan gizinya.
3. Presentasikan hasil kerjamu di kelas.

Tokohku

Tahun 2005, Barry J Marshall dan Dr. Robin Warren dianugerahi Penghargaan Nobel dalam Fisiologi atau Kedokteran. Jasanya adalah penemuan *Helicobacter pylory*, penyebab tukak lambung.

Awalnya Warren telah bertahun-tahun mengamati asal bakteri di lambung pasien gastritis, namun ia tidak menyampaikannya di forum ilmiah. Akhirnya tahun 1982, bersama Marshall, beliau melaporkan hasil penelitiannya ke majalah Lancet. Penelitian selanjutnya memperkuat bukti bahwa infeksi kuman itu merupakan penyebab penyakit maag.

Sumber: http://id.wikipedia.org/wiki

a. b.

Gambar 4.21 a. Barry J Marshall, b. Dr J. Robin Warren

Sumber Gambar: http://nobelprize.org/

Uji Latih Diri 4.2

Baikkah jika tubuh kelebihan gizi? Bagaimana menjaga keseimbangan gizi dalam tubuh?

D. Gangguan pada Sistem Pencernaan

Mutu dan jumlah makanan yang tidak sesuai dengan kebutuhan tubuh dapat menyebabkan serangan penyakit. Mengkonsumsi makanan yang tidak teratur dapat menganggu sistem pencernaan, seperti uraian berikut ini.

1. Parotitis atau pembengkakan kelenjar gondok

Penyakit ini disebabkan virus yang menyerang kelenjar air ludah di bagian bawah telinga. Akibatnya, air ludah menjadi bengkak atau membesar.

2. Tukak lambung

Tukak lambung dapat terjadi karena adanya luka pada dinding lambung bagian dalam.

3. Apendisitis atau infeksi usus buntu

Penyakit ini dapat merembet sampai ke usus besar dan menyebabkan radang pada selaput rongga perut.

4. Diare

Diare merupakan penyakit yang disebabkan oleh infeksi bakteri maupun *protozoa* pada usus besar. Karena infeksi tersebut, proses penyerapan air di usus besar terganggu. Akibatnya, feses menjadi encer.

5. Konstipasi atau sembelit

Sembelit terjadi akibat penyerapan air di dalam usus besar terjadi secara berlebihan. Akibatnya, feses menjadi sangat padat dan keras sehingga sulit dikeluarkan.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk memperluas wawasan akan materi ini.
http://www.gizi.net/
http://www.e-smartschool.com/
http://bio-um.blogspot.com/2007/04/sistem-pencernaan.html

Uji Latih Diri 4.3

Menurutmu, apa yang terjadi jika makanan yang kamu konsumsi tidak sehat?

Tugas Proyek

Bagaimana kita mengetahui kandungan zat makanan? Mau tahu? Mari kita melakukan uji makanan untuk mengetahui kualitas makanan yang dimakan.
Mari kita menguji makanan untuk mengetahui kandungan karbohidrat, protein, dan lemak yang terkandung pada makanan.

1. Pengujian adanya zat tepung dengan menggunakan larutan iodium. Indikasi adanya zat tepung, yaitu munculnya warna biru kehitaman.
2. Pengujian protein menggunakan biuret yang berindikasi dengan munculnya warna ungu.
3. Pengujian lemak menggunakan kertas HVS dengan indikasi yang muncul, yaitu kertas menjadi transparan.

Bagi kelasmu menjadi 3 – 4 kelompok. Setiap kelompok melakukan kegiatan uji kualitas makanan tersebut. Buat rancangan kegiatan dan presentasikan secara berkelompok di depan kelas.

Rangkuman

Sistem pencernaan makanan terdiri atas rongga mulut, tekak, kerongkongan, lambung, usus halus, dan usus besar, hati, dan kelenjar ludah perut.

Di dalam rongga mulut terdapat gigi, lidah dan kelenjar ludah. Gigi berguna untuk mengunyah makanan secara mekanik. Lidah meletakkan makanan untuk dikunyah dan mendorong makanan masuk ke kerongkongan. Ludah membungkus makanan dengan enzim-enzim pencernaan. Kerongkongan merupakan saluran yang menghubungkan rongga mulut dengan lambung. Makanan terdorong ke dalam lambung dengan gerakan peristaltik.

Makanan masuk ke dalam lambung, kemudian bercampur dengan getah lambung dan dikeluarkan ke usus halus. Tiga zat penting yang dihasilkan lapisan dalam lambung, yaitu asam klorida, pepsin, dan renin.

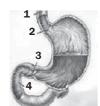
Usus halus terdiri atas 3 bagian, yaitu usus dua belas jari, usus kosong, dan usus penyerapan. Penyerapan sari-sari makanan terjadi di dalam usus halus dan airnya diserap di usus besar. Sisa makanan dikeluarkan melalui anus.

Karbohidrat adalah sumber energi. Protein sebagai pengganti dan pertumbuhan, serta sebagai komponen enzim. Lemak sebagai sumber cadangan energi yang melindungi tubuh dari suhu rendah. Vitamin berguna untuk melancarkan metabolisme tubuh. Air berfungsi melarutkan zat-zat makanan, mempercepat reaksi dalam tubuh, mengatur suhu tubuh, dan mengangkut zat sisa ke alat pembuangan. Garam-garam mineral memiliki peranan tertentu di dalam tubuh. Makanan yang baik dapat memenuhi kebutuhan gizi tubuh serta seimbang zat gizinya. Kecukupan gizi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain usia, masa pertumbuhan, jenis kelamin, berat, dan tinggi tubuh, serta aktivitas tubuh, gen, keadaan hamil atau menyusui.

Kelainan pada sistem pencernaan, antara lain parotitis, tukak lambung, apendisitis, diare, konstipasi, atau sembelit.

Evaluasi Diri 4

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Tujuan pencernaan kimiawi adalah ....
   a. mengubah bentuk makanan agar mudah ditelan
   b. mendorong makanan masuk ke kerongkongan
   c. menghaluskan makanan agar mudah dicerna lebih lanjut
   d. mengaduk makanan dengan enzim pencernaan
2. Sebelum zat tepung diserap ke dalam tubuh oleh dinding usus, terlebih dahulu harus diubah secara kimiawi menjadi ....
   a. glukosa — c. pepton
   b. asam amino — d. protein
3. Bagian lambung yang menghalangi masuknya kembali isi lambung ke dalam kerongkongan ditunjukkan pada gambar nomor ....

   a. 1 — c. 3
   b. 2 — d. 4
4. Pernyataan berikut ini yang benar adalah ...
   a. semua bagian usus halus manusia berguna untuk menyerap sari makanan
   b. penyerapan sari makanan hanya terjadi pada bagian akhir usus halus
   c. pencernaan makanan disesuaikan di usus halus bagian jejunum
   d. getah lambung hanya berguna untuk membunuh mikroorganisme
5. Faktor-faktor di bawah ini yang memengaruhi kebutuhan kalori setiap orang adalah ....
   a. jenis kelamin
   b. aktifitas
   c. kemampuan ekonomi
   d. iklim
6. Karbohidrat dan lemak tersusun oleh unsur-unsur ....
   a. C, N, dan O — c. C, H, dan N
   b. C, H, dan O — d. C, O, dan P
7. Pernyataan berikut yang menunjukkan fungsi zat makanan yang paling tepat adalah ....
   a. karbohidrat sebagai pembangun tubuh dan mengganti sel-sel yang rusak
   b. lemak sebagai sumber energi dan cadangan energi
   c. protein sebagai pelarut zat dan dapat membantu mereaksikan zat
   d. vitamin sebagai pengangkut zat sisa pembakaran yang tidak terpakai
8. Gangguan sistem pencernaan terjadi karena adanya luka pada dinding lambung bagian dalam adalah ....

a. apendisitis
b. diare
c. tukak lambung
d. sembelit

9. Fungsi usus besar pada sistem pencernaan adalah ....
    a. menyerap zat-zat makanan
    b. mengatur kadar garam
    c. mengolah sisa-sisa makanan
    d. mengatur kadar air feses
10. Zat makanan yang tidak dapat langsung diserap usus adalah ...
    a. vitamin
    c. protein
    b. mineral
    d. lemak

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Mengapa saluran percernaan manusia tersusun sampai sepanjang 9 meter? Dapatkah kamu mengaitkan antara struktur dan fungsi yang dilakukan saluran pencernaan tersebut?
2. Di mulut ditemukan enzim amilase, sedangkan di usus halus enzim ini diproduksi lagi. Apa manfaat adanya 2 tempat produksi enzim yang amat berbeda tersebut?
3. Seorang penderita gangguan fungsi hati diharuskan untuk menghindari makanan yang mengandung lemak dan memperbanyak makanan yang mengandung gula. Mengapa demikian?
4. Bagaimana pendapat kalian, manakah yang lebih baik kita konsumsi, beras giling atau beras tumbuk?

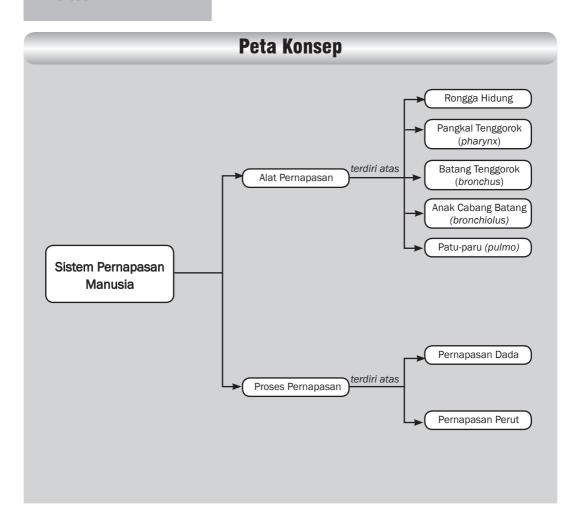
BAB V

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:
1. mendeskripsikan organ penyusun sistem pernapasan pada manusia;
2. membandingkan proses inspirasi dan ekspirasi pada sistem pernapasan manusia;
3. menjelaskan mekanisme pertukaran oksigen dan karbon dioksida pada paru-paru;
4. menjelaskan jenis kelainan dan penyakit pada sistem pernapasan manusia.

SISTEM PERNAPASAN PADA MANUSIA

Peta Konsep

Sistem Pernapasan Manusia
- Alat Pernapasan — *terdiri atas*
  - Rongga Hidung
  - Pangkal Tenggorok (*pharynx*)
  - Batang Tenggorok (*bronchus*)
  - Anak Cabang Batang (*bronchiolus*)
  - Patu-paru (*pulmo*)
- Proses Pernapasan — *terdiri atas*
  - Pernapasan Dada
  - Pernapasan Perut

Gambar 5.1 **Manusia Perlu Bernapas**
Sumber Gambar: http://www.travel-to-egypt.net/images/.jpgBernapas

Bernapas merupakan salah satu ciri makhluk hidup. Setiap saat kita menghirup dan mengeluarkan udara. Apa yang terjadi jika manusia tidak bernapas?

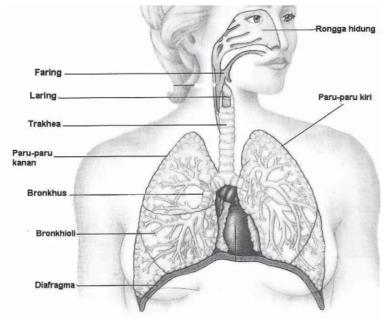
Tanpa disadari, setiap saat dalam tubuh terjadi proses pernapasan yang melibatkan alat-alat pernapasan. Apa saja alat-alat pernapasan manusia tesebut? Mari kita bahas pada bab berikut ini.

Kata-Kata Kunci
(Key Words)

rongga hidung
faring
inspirasi
ekspirasi
pernapasan
difusi
tekanan udara
hipoksia
kanker
asap
hipoksia
influenza
TBC
pnumonia
emfisima
kanker
asap utama
asap sampingan
tar
nikotin

A. Organ-Organ Pernapasan Manusia

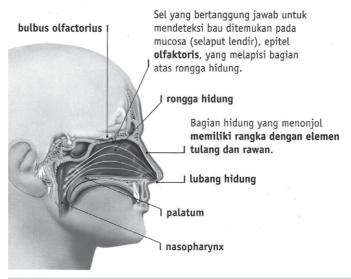
Bernapas merupakan proses makhluk hidup untuk mengambil gas oksigen (O_2) ke dalam tubuh dan mengeluarkan gas karbon dioksida (gas sisa pembakaran) ke luar tubuh. Di dalam tubuh, oksigen akan digunakan untuk mengoksidasi zat makanan sehingga menghasilkan energi.

Tahukah kamu, organ-organ sistem pernapasan pada manusia? Mari kita identifikasikan organ-organ sistem pernapasan manusia dengan menggunakan model di laboratorium. Kemudian, kita cocokkan dengan gambar sistem pernapasan di bawah ini.

Gambar 5.2 Organ-organ Pernapasan Manusia
Sumber Gambar: Campbell, Biology Concepts and Connections (2000: 456)

Sistem pernapasan secara garis besar terdiri dari rongga hidung, pangkal tenggorok *(faring),* batang tenggorok *(trakea),* cabang batang tenggorok *(bronkus),* anak cabang batang tenggorok *(bronkiolus),* dan paru-paru *(pulmo).*

1. Rongga hidung

Hidung merupakan organ pernapasan yang langsung berhubungan dengan udara luar. Rongga hidung dilengkapi dengan bulu-bulu hidung, indra pembau, selaput lendir, dan *konka*. Rambut-rambut

hidung berfungsi untuk menyaring partikel debu atau kotoran yang masuk bersama udara. Indra pembau merupakan sel-sel yang peka terhadap bau sehingga zat-zat yang berbahaya dan berbau tidak sedap tidak terhirup. Selaput lendir menangkap benda asing yang masuk. *Konka* mempunyai banyak kapiler darah yang berfungsi menyamakan suhu yang terhirup dari luar dengan suhu tubuh atau menghangatkan udara yang masuk ke paru-paru.

Gambar 5.3 Rongga hidung
Sumber Gambar: QA International, Visual Ilmu dan Pengetahuan Populer untuk Pelajar dan Umum (2006: 99)

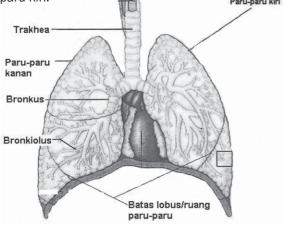
2. Pangkal tenggorok *(faring)*

Udara dari rongga hidung masuk ke faring. Faring merupakan hulu kerongkongan yang merupakan percabangan dua saluran, yaitu saluran pernapasan *(nasofarings)* pada bagian depan dan saluran pencernaan *(orofarings)* pada bagian belakang.

Pangkal tenggorok terdiri atas katup (epiglotis) dan keping tulang rawan yang membentuk jakun. Pada bagian jakun terdapat pita suara *(pita vocalis).* Masuknya udara melalui faring akan menyebabkan pita suara bergetar dan terdengar sebagai suara. Pita suara setiap orang berbeda panjang, lebar, dan tebalnya sehingga suara yang dikeluarkan setiap orang berbeda pada nada suaranya.

3. Batang tenggorok *(trakea)*

Tahukah kamu, di mana letak batang tenggorok? Batang tenggorok terletak di bagian dalam leher yang tepatnya di depan kerongkongan. Fungsinya, untuk menyediakan tempat bagi udara yang dibawa masuk dan udara yang dikeluarkan. Bagaimanakah bentuk batang tenggorok kita?

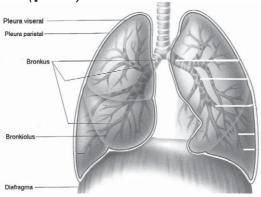
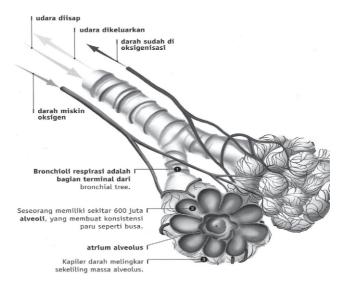
Batang tenggorok kaku dan terbuka sepanjang sekitar 10 cm. Dindingnya tersusun dari cincin-cincin tulang rawan. Dinding bagian dalam bersilia untuk menyaring benda-benda asing yang masuk ke saluran pernapasan. Batang tenggorok ini bercabang menjadi dua yang masing-masing cabang memasuki paru-paru kanan dan paru-paru kiri.

Gambar 5.4 Struktur Trakea, Bronkus, dan Bronkiolus
Sumber Gambar: Campbell, Biology Concepts and Connections (2000:456)

4. Cabang batang tenggorok *(*bronkus*)*

Struktur lapisan dalam bronkus sama dengan trakea, tetapi bentuk tulang rawan bronkus tidak teratur. Cincin tulang rawan bronkus lebih besar. Bronkus bercabang-cabang lagi menjadi bronkiolus.

5. Anak cabang batang tenggorok *(*bronkiolus*)*

Bagaimanakah struktur bronkiolus? Bronkiolus mengalami percabangan sesuai dengan jumlah lobus paru-paru. Pada ujungnya terdapat gelembung-gelembung yang sangat kecil dan berdinding tipis. Gelembung-gelembung itu hanya dapat dilihat dengan mikroskop.

6. Paru-paru *(*pulmo*)*

a. struktur morfologi paru-paru

b. struktur anatomi paru-paru

Gambar 5.5 Paru-paru
Sumber gambar: a. Campbell, Biology Concepts and Connections (2000:456)
b. QA International, Visual Ilmu dan Pengetahuan Populer untuk Pelajar dan Umum (2006: 99)

Dimanakah letak paru-paru kita? Paru-paru terletak di dalam rongga dada bagian atas. Paru-paru terbagi menjadi dua bagian, yaitu paru-paru kanan (*pulmo dekster)* yang terdiri atas 3 lobus dan paru-paru kiri (*pulmo sinister)* yang terdiri atas 2 lobus.

Paru-paru dibungkus oleh dua selaput yang disebut pleura. Pleura berfungsi melindungi paru-paru dari gesekan saat mengembang dan mengempis. Paru-paru tersusun oleh bronkiolus, alveolus, jaringan elastis, dan pembuluh darah. Struktur paru-paru seperti spon yang elastis dengan daerah permukaan dalam yang sangat lebar untuk pertukaran gas.

Alveolus terdapat di ujung akhir bronkiolus berupa kantung kecil yang salah satu sisinya terbuka. Di alveolus bermuara kapiler darah untuk difusi gas pernapasan. Luas permukaan alveolus 100 kali luas permukaan tubuh manusia. Hal ini menyebabkan penyerapan oksigen lebih efisien. Lalu, berapakah kapasitas paru-paru kita?

Paru-paru mengeluarkan karbon dioksida agar tidak meracuni sel-sel tubuh. Setiap menit paru-paru dapat menyerap sekitar 250 mL oksigen dan mengeluarkan sebanyak 200 mL karbon dioksida. Volume udara dalam paru-paru dewasa kurang lebih 5 L. Kemampuan paru-paru menampung udara tersebut disebut kapasitas paru-paru. Pada pernapasan orang dewasa, udara yang keluar dan masuk paru-paru sebanyak 0,5 L. Udara ini disebut udara pernapasan atau udara tidal.

Coba sekarang kamu menarik napas dalam-dalam dan menghembuskannya sekuat-kuatnya. Apa yang kamu rasakan? Jika kalian menarik napas sedalam-dalamnya dan menghembuskan

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http: //en.wikipedia.org/wiki/Respiratory-system
http: //people.eku.edu//ritchisong/RITCHISO//301notes6.htm
http//www.biology4kids.com

sekuat-kuatnya, volume udara yang masuk dan keluar adalah sekitar 4 L. Volume udara ini disebut kapasitas vital paru-paru. Sebanyak 1,5 L udara tetap tinggal di dalam paru-paru walaupun kalian telah menghembuskan napas sekuat-kuatnya. Volume udara ini disebut udara residu.

Tokohku

Corneille Jean François Heymans lahir di Ghent, Belgium, 28 Maret 1892. Penelitian ilmiahnya membawanya memasuki Institut Heymans menjadi pimpinan utama psikologi dan farmakologi respirasi, sirkulasi darah, metabolisme dan berbagai masalah farmakologi. Penelitiannya mulai dari fakta hingga penemuan khemoreseptor. Penemuannya akan peran refleksogenik area *cardio-aortic* dan *sinus carotid* pada regulasi transportasi membawanya pada hadiah Nobel pada tahun 1938.

Gambar 5.6 Corneille Jean François Heymans
Sumber Gambar: http// nobelPrize.org/

Uji Latih Diri 5.1

1. Menurutmu, bagaimana perbedaan dan hubungan struktur antara trakea, bronkus, dan bronkiolus?
2. Bagaimana hubungan fungsi antara epiglotis dan saluran faring?
3. Bagaimana mekanisme pertukaran gas dalam paru-paru?

B. Mekanisme Pernapasan pada Manusia

Kita bernapas setiap saat. Sebenarnya, apa yang kamu lakukan pada saat bernafas? Mari lakukan kegiatan berikut ini untuk lebih memahaminya.

Kegiatan Ilmiah 5.1

Identifikasi Pernapasan Dada dan Pernapasan Perut

Tujuan : Mengidentifikasi perbedaan mekanisme pernapasan dada dan pernapasan perut.

Petunjuk Kerja

1. Letakkan tangan di dada. Tarik napas dengan menggembungkan dada, kemudian hembuskan.
2. Ulangi sekali lagi dengan cara mengembungkan perut, lalu hembuskan (tangan tetap di dada).

3. Letakkan tangan kanan di dada dan tangan kiri di perut, kemudian bernapas secara normal.
4. Identifikasi organ-organ yang bekerja pada saat melakukan langkah pertama dan kedua.
5. Perbedaan proses apa yang terjadi pada langkah pertama dan kedua? Menurutmu, proses manakah yang termasuk pernapasan perut dan pernapasan dada?

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_pernapasan
http://www.e-smartschool.com/
http://bebas.vlsm.org/v13/Sponsor/_Sponsor-Pendamping/Praweda/Biologi/

Pada saat bernapas berlangsung dua mekanisme, yaitu menghirup udara (inspirasi) inhalasi dan menghembuskan udara (ekspirasi) ekshalasi. Saat inspirasi, diafragma dan otot dada berkontraksi, rongga dada membesar, paru-paru menggembung, dan udara masuk ke paru-paru. Saat ekspirasi, diafragma dan otot dada relaksasi, rongga dada kembali normal, paru-paru kembali normal, dan udara keluar dari paru-paru. Satu kali pernapasan terdiri dari satu kali inspirasi dan satu kali ekspirasi. Hal tersebut menunjukkan dalam mekanisme pernapasan melibatkan kerja sama antara otot dada, tulang rusuk, otot perut, dan diafragma.

Berdasarkan aktivitas otot-otot pernapasan, bernapas dengan membesarkan dan mengecilkan dada disebut pernapasan dada. Begitu juga jika kita membesarkan dan mengecilkan perut, disebut pernapasan perut. Manakah yang lebih menguntungkan?

Uji Latih Diri 5.2

1. Mengapa kita sulit bernapas jika perut kenyang?
2. Menurutmu, bagaimana proses pernapasan dada dan perut?

C. Mekanisme Pertukaran O_2 dan CO_2 di dalam Paru-paru

Bagaimanakah oksigen masuk ke dalam darah di paru-paru? Bagaimana karbon dioksida dikeluarkan ke udara dan paru-paru? Selain oksigen dan karbon dioksida, udara mengandung nitrogen. Apakah nitrogen diserap oleh tubuh?
Mari kita perhatikan data dalam tabel berikut ini.

Tabel 5.1 Tekanan O_2 dan CO_2 di udara, alveolus, dan di jaringan tubuh.

Tekanan	Udara Atmosfer	Alveolus	Jaringan (mmHg)
PO_2	160	105	40
PCO_2	0,3	40	45
PN_2	597	569	569

Tekanan O_2 di udara lebih besar dibandingkan dengan di alveolus (160 : 105 mmHg). Molekul oksigen berdifusi dari udara ke darah dalam kapiler alveolus mengikuti gradien konsentrasi. Selanjutnya, darah dari alveolus dipompa jantung ke seluruh jaringan tubuh. Konsentrasi O_2 di dalam darah lebih tinggi dibanding di jaringan tubuh (105 : 40 mmHg) sehingga O_2 berdifusi dari darah ke sel-sel jaringan tubuh termasuk ke dalam mitokondria. Di dalam mitokondria, O_2 akan dimanfaatkan untuk respirasi intraseluler.

Pernapasan intraseluler menghasilkan zat sisa, yaitu CO_2. Sisa respirasi ini harus dikeluarkan dari tubuh karena bersifat toksik (racun). Pada tabel di atas, tekanan CO_2 di jaringan tubuh lebih tinggi dari alveolus (45 : 40 mmHg). CO_2 berdifusi ke dalam kapiler darah vena dan diangkut ke alveolus. Tekanan CO_2 di alveolus lebih tinggi dibandingkan dengan udara di luar tubuh (40 : 0,3 mmHg). Dengan demikian, CO_2 berdifusi dari alveolus ke udara untuk dibuang ke luar tubuh. Jadi, pertukaran oksigen dan karbon dioksida terjadi melalui proses difusi.

Nitrogen juga diserap tubuh melalui paru-paru dalam jumlah kecil. Tekanan nitrogen dalam paru-paru dan jaringan sama, yaitu 569 mmHg sehingga nitrogen tidak diedarkan ke jaringan tubuh.

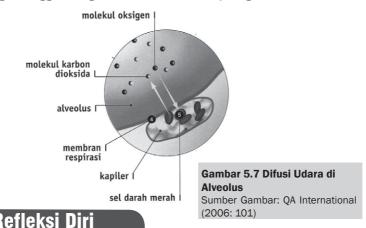
Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://bebas.vlsm.org/v12/sponsor/Sponsor-Pendamping/Praweda/Biologi/
http://ilmupedia.com/
http://biologilover.wordpress.com/

Gambar 5.7 Difusi Udara di Alveolus
Sumber Gambar: QA International (2006: 101)

Refleksi Diri

a.

b.

Gambar 5.8 Penyelam dan Perenang
Sumber Gambar: a. http://bz.blogfam.com/images/iii-06/diving1.jpg,
b. http://www.kompas.com/photos/KESEHATAN/berenang.jpg

Mengapa perenang atau penyelam memiliki frekuensi bernapas lebih sedikit dibandingkan orang normal? Coba kamu jawab dengan menggunakan berbagai referensi dan data pendukukng.

Kilasan IPA

Berapa kalikah kamu bernapas setiap menitnya? Orang normal bernapas 12-15 kali per menit. Frekuensi bernapas bervariasi dipengaruhi oleh jenis kelamin, aktivitas, dan usia. Wanita pada umumnya memiliki volume paru-paru lebih kecil daripada pria sehingga frekuensi bernapasnya lebih sering.
Semakin cepat tubuh beraktivitas, semakin cepat frekuensi bernapas kita. Hal itu disebabkan semakin banyak otot bekerja dan membutuhkan energi, semakin banyak oksigen yang dibutuhkan. Saat menahan napas beberapa saat, kita merasa terengah-engah sehingga frekuensi bernapas kita naik. Berada di dalam ruang yang sempit dan kekurangan oksigen juga membuat frekuensi bernapas bertambah cepat dengan tujuan untuk memperoleh oksigen lebih banyak. Marah, takut, dan terkejut juga akan meningkatkan frekuensi bernapas kita.

D. Gangguan Sistem Pernapasan Manusia

Pernapasan manusia dapat terganggu karena penyakit atau kelainan organ pernapasan, seperti hipoksia. Hipoksia, yaitu suatu keadaan jaringan tubuh kekurangan oksigen. Hipoksia dapat terjadi karena hal-hal berikut ini.

1. Influenza (flu)

Flu merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus influenza. Gejala yang ditimbulkan antara lain pilek, yaitu hidung tersumbat, bersin-bersin, dan terasa gatal.

Gambar 5.10 Penderita Sesak Napas
Sumber Gambar: http//www.saifulislam.com/

Gambar 5.9 Penderita Flu
Sumber Gambar: http://www.kunaifi.files.wordpress.com

2. Asma (sesak napas)

Asma merupakan penyakit penyumbatan saluran pernapasan yang disebabkan alergi terhadap rambut, bulu, debu atau tekanan psikologis. Asma bersifat menurun.

3. Tuberculosis (TBC)

TBC disebabkan bakteri *Bacillus tuberculosis.* Selain radang paru-paru, penyakit ini menyebabkan alveolus mengandung banyak cairan sehingga mengganggu proses difusi antara oksigen dan karbon dioksida.

4. Pneumonia

Penyakit infeksi yang disebabkan virus atau bakteri pada alveolus sehingga mengakibatkan radang paru-paru dan menghambat proses pernapasan.

5. Emfisima

Emfisima terjadi karena pembengkakan pada paru-paru akibat masuknya udara ke dalam pembuluh darah.

6. Kanker paru-paru

Penyakit ini menyebabkan sel-sel tumbuh tidak terkendali dan tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Jaringan kanker akan mendesak alveolus sehingga tidak berfungsi. Penyebab kanker paru-paru adalah akibat menghirup debu asbes, kromium, produk petroleum, dan radiasi ionisasi. Perokok memiliki kemungkinan lebih besar terkena penyakit ini.

7. Tenggelam

Tenggelam dapat menyebabkan kram pada otot saluran pernapasan sehingga menutup udara pernapasan. Selain itu, tenggelam dapat menyebabkan air, masuk ke dalam paru-paru dan mengisi alveolus sehingga orang tidak dapat bernapas.

Gambar 5.11 Orang yang Tenggelam
Sumber Gambar: http://www.hersmagz.com/images/stories/

Kegiatan Ilmiah 5.2

Napas Buatan

Pernapasan buatan sangat penting untuk menolong orang yang berhenti bernapas akibat suatu kecelakaan, seperti tenggelam atau pingsan. Dengan pernapasan buatan diharapkan korban dapat bernapas kembali sehingga kemungkinan kematian dapat dihindarkan. Oleh karena itu, sebaiknya kita belajar memberikan pernapasan buatan. Untuk itu, mari kita berlatih melakukan pernapasan buatan dengan cara simulasi. Gunakan torso atau boneka sebagai model korban.

1. **Telentangkan korban di tempat datar. Jika korban habis tenggelam, tekan dadanya dengan dua tanganmu agar air yang ada di dalam dada keluar. Setelah air keluar, lakukan pernapasan buatan.**
2. **Letakkan salah satu tanganmu di bawah leher korban agar saluran pernapasannya terbuka.**
3. **Ambil napas dalam-dalam dan segera tiupkan ke mulut korban. Pada saat yang bersamaan, tutup hidung korban dengan tangan yang lainnya.**
4. **Lepaskan tiupan dan biarkan udara keluar kembali dari korban. Dengarkan, jika ada bunyi atau desah napas yang menandakan kesadaran korban.**
5. **Jika belum ada perubahan, lakukan pengulangan hingga 2 - 4 kali sampai korban tersadar atau minta pertolongan dokter jika tidak segera sadar.**

Uji Latih Diri 5.3

Mengapa kita sulit bernapas pada saat flu? Apa penyebabnya?

E. Pengaruh Rokok terhadap Kesehatan Manusia

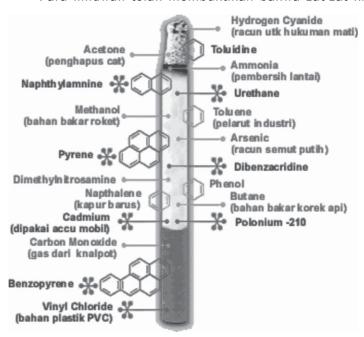
Gambar 5.12 Perokok
Sumber Gambar: http://www.uoguelph.ca/research/news/articles/2006/photos/smoking.jpg

Tahukah kamu bahwa menghisap asap rokok orang yang merokok lebih berbahaya bagimu daripada bagi si perokok itu sendiri?

Asap utama adalah asap rokok yang terhisap langsung masuk ke paru-paru perokok, kemudian dihembuskan kembali. Asap sampingan adalah asap rokok yang dihasilkan ujung rokok yang terbakar.

Udara yang mengandung asap rokok dapat mengganggu kesehatan karena asap rokok mengandung zat-zat berbahaya, yaitu diantaranya sebagai berikut.

1. **Tar,** mengandung bahan kimia beracun yang dapat merusak sel paru-paru dan meyebabkan kanker.
2. **Karbon monoksida,** gas beracun yang dapat mengakibatkan berkurangnya kemampuan darah membawa oksigen.
3. **Nikotin,** salah satu jenis obat perangsang yang dapat merusak jantung dan sirkulasi darah. Nikotin menjadikan pemakainya kecanduan.

Para ilmuwan telah membuktikan bahwa zat-zat kimia

Gambar 5.13 Rokok dan Racun yang Dikandungnya
Sumber Gambar: http://www.go-freedom.com/rokok.htm

dalam asap rokok dapat mempengaruhi orang-orang tidak merokok di sekitarnya. Perokok pasif dapat meningkatkan risiko penyakit kanker paru-paru dan jantung koroner. Lebih dari itu, menghisap asap rokok orang lain dapat memperburuk kondisi pengidap penyakit angina (nyeri dada akibat penyempitan pembuluh darah pada jantung), asma, dan alergi terhadap asap rokok. Gejala-gejala yang sering tampak, yaitu iritasi mata, sakit kepala, pusing, sakit tenggorokan, batuk, dan sesak napas.

Gambar 5.14 Penghisap Rokok Pasif
Sumber Gambar:
http://quittobaccoindonesia.net/images/tn_kar_perokok%20pasif.jpg

Wanita hamil yang merokok atau menjadi perokok pasif berarti menyalurkan zat-zat beracun dari asap rokok kepada janin yang dikandungnya melalui peredaran darah. Anak-anak yang orangtuanya merokok menghadapi kemungkinan lebih besar untuk menderita sakit dada, infeksi telinga, hidung, dan tenggorokan. Merokok juga dapat mengakibatkan kanker paru-paru dan saluran pencernaan, bronkitis, dan penyakit jantung yang berujung pada kematian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebiasaan merokok dapat mengurangi masa hidup seseorang kurang lebih 4 tahun. Data WHO menyebutkan bahwa tiga dekade lagi kurang lebih 10 juta orang akan mati setiap tahun akibat merokok.

Banyak orang tahu bahaya merokok, tetapi banyak yang tidak peduli. Melihat bahaya-bahaya yang dapat ditimbulkan rokok, perlu dilakukan hal-hal berikut ini.

1. Mengkomunikasikan dan informasi tentang bahaya merokok baik bagi si perokok langsung maupun perokok pasif;
2. Menyediakan tempat-tempat khusus bagi orang yang merokok agar yang bukan perokok tidak terkena dampak negatifnya.;
3. Jangan merasa segan untuk menegur perokok, jika kalian merasa terganggu.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://www.e-psikologi.com/remaja/050602.htm. remaja dan rokok
http://www.gizi.net/cgi-bin/berita/fullnews.cgi
http://id.wikipedia.org/wiki/Rokok

Uji Latih Diri 5.4

Bagaimana sikapmu terhadap orang yang duduk merokok di sampingmu? Apa yang akan kamu lakukan kepada orang tersebut?

Tugas Proyek

Berapa frekuensi bernapas orang normal per menitnya? Apakah frekuensi bernapas kalian termasuk normal? Faktor apa saja yang mempengaruhi frekuensi bernapas? Mari kita lakukan kegiatan berikut ini untuk mencobanya.

Coba lakukan kegiatan berlari selama lima menit, menahan napas, atau berada di ruang yang sempit dan panas. Buat rancangan kegiatan dan presentasikan hasilnya di depan kelas.
Khusus untuk data frekuensi napas putra dan putri, gabungkan datanya menjadi data kelas dengan mencari reratanya untuk menemukan berapa frekuensi napas orang normal. Apakah ada perbedaan frekuensi napas antara keduanya. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Rangkuman

Sistem pernapasan terdiri dari rongga hidung, faring, trakea, bronkus, bronkiolus dan paru-paru. Rongga hidung dilengkapi rambu-rambu hidung, lendir, indra pembau, dan konka. Pada faring terdapat pita suara dan katup (epiglotis) yang merupakan hulu saluran pernapasan dan pencernaan.
Trakea bercabang dua menuju paru-paru kiri dan kanan yang disebut bronkus. Bronkus bercabang membentuk bronkiolus. Bronkiolus bercabang lagi sesuai dengan jumlah lobus paru-paru.
Paru-paru terbagi atas paru-paru kanan dan kiri. Selaput pembungkus paru-paru disebut pleura viscerali dan pleura parietalisl. Paru-paru tersusun oleh bronkiolus, alveolus, jaringan elastis, dan pembuluh darah.
Mekanisme pernapasan merupakan berlangsungnya inspirasi dan ekspirasi. Cara bernapas dibedakan menjadi pernapasan dada dan pernapasan perut.
Gangguan pada sistem pernapasan diantaranya influenza, asma, TBC, pneumonia, emfisima, kanker paru-paru, dan tenggelam.
Rokok dapat mempengaruhi kesehatan sistem pernapasan karena asap rokok mengandung tar, nikotin, dan karbon monoksida.

Evaluasi Diri 5

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Berikut ini yang *tidak* termasuk fungsi rongga hidung pada pernapasan manusia adalah ....
   a. mengatur kelembaban
   b. menghindarkan gas berbau
   c. menyaring udara
   d. menyerap oksigen
2. Mekanisme yang digunakan makhluk hidup untuk memasukkan oksigen ke dalam tubuh adalah ....
   a. osmosis
   c. pinositosis

b. fagositosis
d. difusi

3. Fungsi oksigen di dalam tubuh makhluk hidup adalah untuk ....
   a. mengoksidasi glukosa
   c. membakar glikogen
   b. respirasi anaerob
   d. kehidupan sel
4. Jika sedang menelan makan maka katup tenggorok ... dan katup kerongkongan ....
   a. membuka, membuka
   b. menutup, menutup
   c. membuka, menutup
   d. menutup, membuka
5. Tersedak dapat terjadi jika pada waktu makan ada makanan yang masuk ke dalam ....
   a. kerongkongan
   b. cabang tenggorok
   c. anak cabang tenggorok
   d. tenggorok
6. Pengertian bernapas yang paling tepat adalah ....
   a. upaya makhluk hidup untuk memasukkan oksigen
   b. proses pertukaran zat organik dengan zat anorganik
   c. proses pertukaran gas antara makhluk hidup dengan lingkungannya
   d. proses penggunaan oksigen untuk menghasilkan energi
7. Pernapasan yang terjadi akibat adanya gerakan otot-otot diafragma adalah pernapasan ...
   a. perut
   b. dada
   c. paru-paru
   d. biasa
8. Gangguan atau penyakit sistem pernapasan yang disebabkan oleh alergi adalah ....
   a. influensa
   b. asma
   c. *tuberkolosis*
   d. pneumonia
9. Selaput yang membungkus paru-paru disebut ....
   a. trakea
   b. trakeida
   c. pleura
   d. alveolus

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Bagaimana mekanisme inspirasi dan ekspirasi?
2. Penyakit TBC dapat menghambat difusi oksigen dan karbon dioksida di dalam paru-paru. Mangapa demikian?
3. Faktor apakah yang menyebabkan tubuh kekurangan oksigen?
4. Penduduk dataran tinggi pada umumnya memilliki volume paru-paru yang lebih besar dari orang dataran rendah. Mengapa demikian?
5. Selain penyakit, faktor apakah yang mempengaruhi frekuensi napas seseorang?

BAB VI

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:
1. mengidentifikasi organ-organ penyusun sistem peredaran darah manusia;
2. mendeskripsikan fungsi jantung, pembuluh darah, dan darah pada sistem perederan darah;
3. mendeskripsikan proses peredaran darah dalam tubuh;
4. mengidentifikasi contoh penyakit yang berhubungan dengan sistem peredaran darah yang biasa dijumpai dalam kehidupan sehari-hari dan upaya mengatasinya.

SISTEM PEREDARAN DARAH

Peta Konsep

Cairan Limfe
Pembuluh Limfe
Kelenjar Limfe
Sistem Peredaran Getah Bening (Limfe)
termasuk
Sistem Peredaran Darah
terdiri atas
Darah
Alat-alat Peredaran Darah
digolongkan
A,B,AB,O
Bagian Plasma (Cairan Darah)
disusun oleh
Bagian Korpuskula
berupa
Sel Darah Merah (Eritrosit)
Sel Darah Putih (Leukosit)
Keping Darah (Trombosit)
menyusun
berupa
Jantung
Pembuluh Darah
memiliki
Serambi Kanan
Serambi Kiri
Bilik Kanan
Bilik Kiri
Katup Trikuspidalis
Katup Bikuspidalis
terdiri atas
Arteri
Vena
Peredaran Darah
dibedakan
Peredaran Darah Kecil
Peredaran Darah Besar

Gambar 6.1 **Darah Manusia (Hasil Pengamatan dari Mikroskop Elektron)**
Sumber Gambar: http://id.wikipedia.org

Setiap hari kita melakukan aktivitas. Untuk itu, kita memerlukan energi. Akan tetapi, bagaimana energi dapat diperoleh? Energi didapat dari sari-sari makanan yang dimakan. Tahukah kamu, siapakah yang berperan dalam mengedarkan sari-sari makanan ke dalam sel-sel tubuh?

Sistem transportasi pada tubuh manusia terdiri atas **sistem peredaran darah** dan **sistem peredaran getah bening**. Mau tahu tentang sistem transportasi pada tubuh kita? Mari kita bahas pada bab berikut ini.

Kata-Kata Kunci *(Key Words)*

korpuskula
eritrosit
hemoglobin
leukosit
trombosit
jantung
perikardium
plasma darah
leukopeni
serambi
bilik
fibrinogen
globulin
pembuluh balik
arteri
anemia
varises

A. Sistem Peredaran Darah

Sistem peredaran darah terdiri atas **darah dan alat-alat peredaran darah**.

1. Darah

Coba perhatikan gambar berikut. Apa yang terjadi pada pemain sepakbola itu? Apa kamu juga pernah mengalaminya? Saat kamu terluka, misalnya akibat jatuh atau teriris pisau, ada darah yang keluar dari bagian tubuh yang terluka itu. Apa sebenarnya darah itu?

Darah adalah cairan yang terdapat di dalam pembuluh darah. Umumnya volume darah manusia kurang lebih 8% dari berat badannya. Darah terdiri dari dua komponen, yaitu

1) korpuskuler atau butiran darah, unsur padat darah yang terdiri atas eritrosit, leukosit, dan trombosit;
2) plasma darah atau cairan darah.

Gambar 6.2 Orang Terluka
Sumber Gambar: http://www.archives.gov/research/ww2/photos/images/ww2-50.jpg

a. *Eritrosit* (sel darah merah)

Eritrosit berbentuk bulat pipih dengan bagian tengahnya cekung (bikonkaf). Sel darah merah tidak memiliki inti sel. Pada kondisi normal, jumlah eritrosit hampir separuh dari volume darah. Eritrosit pria mencapai 5 juta sel per cc darah, sedangkan pada wanita sekitar 4 juta sel per cc darah. Mengapa darah berwarna merah?

Warna merah disebabkan adanya hemoglobin (Hb) dalam sel darah merah. Hemoglobin atau zat warna darah merupakan suatu protein yang mengandung unsur besi. Fungsi hemoglobin adalah mengikat oksigen dan membentuk oksihemoglobin. Oksigen diangkut dari paru-paru dan diedarkan ke seluruh sel tubuh. Hemoglobin yang mengikat oksigen (oksihemoglobin) berwarna merah cerah, sedangkan hemoglobin yang masih mengikat karbon dioksida berwarna merah tua keunguan.

$$2Hb + 2O_2 \longrightarrow 2HbO_2$$

(hemoglobin) (oksigen) (oksihemoglobin)

Gambar 6. 3 Eritrosit
Sumber gambar: Campbell, et.all. Biology Concepts and Connections (2000:478)

Oksihemoglobin (HbO_2) akan beredar ke seluruh sel-sel tubuh. Setelah sampai di sel-sel tubuh, reaksi pelepasan oksigen terjadi oleh Hb.

Dimanakah sel darah merah dibentuk? Eritrosit dibentuk dalam sumsum tulang pada tulang pipa dan tulang pipih. Selama dalam kandungan, sel darah merah dibentuk dalam hati dan

limpa. Sel darah merah hanya berusia sekitar 120 hari. Sel yang telah tua dan usang akan dihancurkan di hati dan limpa. Di dalam hati, hemoglobin dirombak, kemudian dijadikan pigmen bilirubin (pigmen empedu).

b. *Leukosit* (sel darah putih)

Bentuk sel darah putih tidak tetap atau bersifat amuboid dan mempunyai inti. Setiap 1 mm^3 darah mengandung sekitar 8.000 sel darah putih. Fungsi utama dari sel darah putih adalah melawan kuman/bibit penyakit yang masuk ke dalam tubuh dan membentuk antibodi. Peningkatan jumlah leukosit merupakan petunjuk adanya infeksi. Jika jumlah *lekosit* sampai di bawah 6.000 sel per cc darah disebut sebagai kondisi leukopeni. Jika jumlah lekosit melebihi normal (di atas 9.000 sel per cc) disebut leukositosis.

basofil

neutrofil

eusinofil

monosit

limfosit

Gambar 6.4 Struktur Leukosit
Sumber Gambar: Campbell, et.all. Biology Concepts and Connections (2000:478)

Berdasarkan ada tidaknya butir-butir kasar (granula) dalam sitoplasma, leukosit dapat dibedakan menjadi granulosit dan agranulosit. Leukosit jenis granulosit terdiri atas eosinofil, basofil, dan netrofil. Agranulosit terdiri atas limfosit dan monosit. Bagaimanakah karakteristik agranulosit dan granulosit itu?

Mari perhatikan tabel berikut ini.

Tabel 6.1 Karakteristik Jenis-Jenis Granulosit dan Agranulosit

Granulosit	Eusinofil	Mengandung granula berwarna merah (asidofil). Berfungsi pada reaksi alergi, terutama infeksi cacing.
	Basofil	Mengandung granula berwarna biru. Berfungsi pada reaksi alergi.
	Netrofil	Disebut juga sel-sel PMN (*Poly Morpho Nuclear*). Berfungsi sebagai fagosit (menyerang patogen). Ada dua jenis sel, yaitu netrofil batang dan netrofil segmen.
Agranulosit	Limfosit	Ada dua jenis, sel T dan sel B. Keduanya berfungsi untuk imunitas dan kekebalan tubuh.
	Monosit	Leukosit yang berukuran paling besar. Berfungsi mencerna sel-sel yang mati atau rusak dan memberikan perlawanan imunologis.

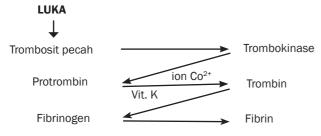
***c. Trombosit* (keping darah)**

Apa yang kamu lakukan jika mengalami luka? Apa yang terjadi pada lukamu setelah beberapa hari? Saat proses penyembuhan, luka

akan mengering. Proses mengeringnya luka sangat terkait dengan keping darah.

Bentuk trombosit beraneka ragam, yaitu bulat, oval, dan memanjang. Trombosit tidak berinti dan bergranula. Jumlah sel pada orang dewasa sekitar 200.000 – 500.000 sel per cc. Keping darah/trombosit disebut juga sel darah pembeku.

Mengapa keping darah disebut sel darah pembeku? Sesaat setelah terluka, trombosit akan pecah karena bersentuhan dengan permukaan kasar dari pembuluh darah yang luka. Di dalam trombosit, enzim trombokinase atau tromboplastin. Enzim tromboplastin akan mengubah protrombin (calon trombin) menjadi trombin karena pengaruh ion kalsium dan vitamin K dalam darah. Trombin akan mengubah fibrinogen (protein darah) menjadi benang-benang fibrin. Benang-benang fibrin ini akan menjaring sel-sel darah sehingga luka tertutup dan darah tidak menetes lagi.

Gambar 6.5 Sel-sel Darah Merah yang 'Terperangkap' Jaring Fibrin
Sumber Gambar: Campbell, Biology Concept Connections (2000:479)

Proses pembentukan benang-benang fibrin setelah luka

Kilasan IPA

Penyakit Hemofilia

Sumber: Http://raspys.blogspot.com/2007/03/world-hemophilia-mengenal.html

Hemofilia adalah gangguan atau kelainan turunan akibat terjadinya mutasi atau cacat genetika pada kromosom X. Hal ini menyebabkan penderita kekurangan faktor pembeku darah sehingga mengalami gangguan pembekuan darah dan darah tidak dapat membeku secara normal.

Penderita hemofilia berat dapat mengalami beberapa kali pendarahan dalam sebulan. Kadang, pendarahan terjadi begitu saja tanpa sebab. Gejala-gejala hemofilia, yaitu pendarahan di bawah kulit yang mengakibatkan kebiruan jika terjadi benturan pada tubuhnya. Pendarahan di bawah kulit ini terjadi pada persendian atau otot di siku, pergelangan kaki, dan lutut. Akibatnya adalah nyeri yang hebat dan kelumpuhan.

d. Plasma darah

Plasma darah merupakan cairan darah yang sebagian besar terdiri atas air (92%). Selain itu, terdapat protein plasma yang terdiri atas albumin, fibrinogen, dan globulin. Zat-zat lain yang terlarut dalam plasma darah, antara lain sari makanan, mineral, hormon, antibodi, dan zat sisa. Misalnya, urea dan karbon dioksida.

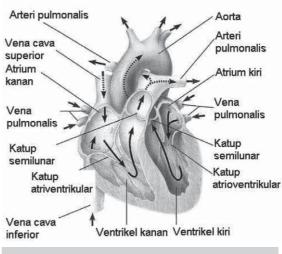
2. Fungsi darah

Tahukah, kamu apa fungsi darahmu? Dalam tubuh kita, darah mempunyai peran

a. sebagai alat pengangkut oleh eritrosit dan plasma darah;
b. sebagai alat pertahanan oleh sel darah putih;
c. menutup luka yang dilakukan oleh keping-keping darah;
d. menjaga kestabilan suhu tubuh (termoregulasi).

3. Alat peredaran darah

Apa yang kamu rasakan pada jantung jika selesai berolahraga berat? Biasanya, jantung akan berdetak lebih cepat dan lebih kencang dibandingkan kondisi normal. Mengapa hal itu terjadi? Apa yang dilakukan jantung berkaitan dengan mekanisme peredaran darah? Mari kita uraikan pada bagian berikut ini.

a. Jantung

Gambar 6.6 Jantung dan Bagian-bagiannya
Sumber Gambar: Diolah dari Campbell, Biology Concept Connections (2000:469)

Jantung merupakan salah satu organ penting tubuh manusia. Seperti pompa, jantung akan mengedarkan darah ke seluruh tubuh sehingga tubuh mendapat asupan oksigen yang cukup untuk oksidasi menghasilkan bentuk energi. Bagaimanakah struktur jantungmu?

Jantung merupakan organ berongga yang mempunyai besar kira-kira sekepalan tangan. Posisi jantung dalam tubuh ada di dalam rongga dada agak di sebelah kiri. Jantung dibungkus oleh dua lapis selaput jantung yang disebut perikardium. Di antara perikardium terdapat cairan yang berfungsi sebagai penahan dari goncangan.

Jantung terdiri atas 4 ruangan, yaitu serambi (atrium) kiri, serambi kanan, bilik (ventrikel) kiri, dan bilik kanan. Serambi jantung

berada di sebelah atas dan bilik jantung di sebelah bawah. Antara serambi kiri dan bilik kiri terdapat dua buah katup yang disebut bikuspidalis. Antara serambi kanan dan bilik kanan terdapat tiga buah katup yang disebut trikuspidalis. Katup tersebut berfungsi menjaga agar darah dari bilik tidak kembali ke serambi. Dinding bilik kiri lebih tebal karena bilik kiri berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh.

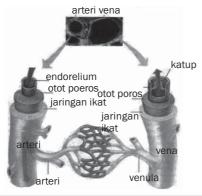
Saat berdenyut, setiap ruang jantung mengendur dan terisi darah (diastole). Selanjutnya, jantung berkontraksi dan memompa darah keluar ruang jantung (sistole). Kedua serambi mengendur dan berkontraksi secara bersamaan, begitu juga kedua bilik akan mengendur dan berkontraksi secara bersama-sama.

Darah yang mengandung banyak karbon dioksida (darah kotor) dari seluruh tubuh mengalir melalui dua vena besar (vena kava) menuju serambi kanan. Setelah atrium kanan terisi darah, akan di dorong ke bilik kanan. Darah dari bilik kanan akan dipompa melalui katup pulmoner ke dalam arteri pulmonalis menuju paru-paru.

Darah yang kaya oksigen (darah bersih) mengalir melalui dalam vena pulmonalis menuju ke serambi kiri. Peredaran darah di antara bagian kanan jantung, paru-paru, dan atrium kiri disebut sirkulasi pulmoner. Darah dalam serambi kiri akan didorong menuju bilik kiri. Selanjutnya, darah bersih ini dipompa melewati katup aorta yang masuk ke dalam aorta (arteri terbesar dalam tubuh). Kemudian, darah kaya oksigen ini diedarkan ke seluruh tubuh, kecuali paru-paru.

b. Pembuluh darah

Berdasarkan arah mengalirkan darah, pembuluh darah dibedakan menjadi pembuluh nadi (arteri) dan pembuluh balik (vena). Arteri merupakan pembuluh darah yang mengalirkan darah keluar jantung, sedangkan vena mengalirkan darah masuk ke dalam jantung.

Arteri berisi darah yang mengandung oksigen, kecuali arteri paru-paru. Vena berisi darah yang tidak mengandung oksigen, kecuali yang berasal dari paru-paru. Ujung arteri dan vena bercabang-cabang menjadi pembuluh-pembuluh kecil yang disebut pembuluh kapiler. Pembuluh kapiler menghubungkan arteri dan vena dengan sel-sel tubuh.

Gambar 6.7 Perbandingan antara Arteri dan Vena
Sumber Gambar: Campbell, Biology 5th Edition (1999-468)

Tahukah kamu perbedaan arteri dan vena?

Tabel 6.2 Perbedaan Arteri dan Vena

No	Pembeda	Pembuluh Nadi (Arteri)	Pembuluh Balik (Vena)
1.	Tempat	Agak tersembunyi di dalam tubuh	Dekat dengan permukaan tubuh, tampak kebiru-biruan
2.	Dinding Pembuluh	Tebal, kuat, elastis	Tipis dan tidak elastis
3.	Aliran Darah	Meninggalkan jantung	Menuju jantung
4.	Denyut	Terasa	Tidak terasa
5.	Katup	Satu pada pangkal jantung	Banyak di sepanjang pembuluh
6.	Apabila terluka	Darah memancar	Darah tidak memancar

Refleksi Diri

Jarum suntik disuntikan pada pembuluh arteri atau vena? Mengapa pada pembuluh tersebut?

Gambar 6.8 Jarum Suntik
Sumber Gambar: http://www.kapanlagi.com/p/jarum_suntik.jpg;
http://www.smu-net.com/foto/suntik.jpg

4. Peredaran darah

Peredaran darah manusia termasuk peredaran darah tertutup karena darah selalu beredar di dalam pembuluh darah. Setiap beredar, darah melewati jantung dua kali sehingga disebut peredaran darah ganda. Pada peredaran darah ganda tersebut dikenal peredaran darah kecil dan peredaran darah besar. Bagaimanakah rute kedua peredaran darah itu?

a. Peredaran darah kecil

Peredaran darah kecil merupakan peredaran darah yang dimulai dari jantung menuju ke paru-paru, kemudian kembali ke jantung.

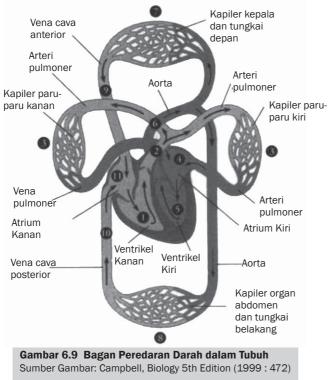
Jantung (bilik kanan) → Paru-paru → Jantung (serambi kiri)

b. Peredaran darah besar

Peredaran darah besar adalah peredaran darah dari bilik kiri jantung ke seluruh tubuh tubuh, kemudian kembali ke serambi kanan jantung.

Jantung (bilik kiri) → Seluruh tubuh → Jantung (serambi kanan)

Gambar berikut menunjukkan rute peredaran darah besar dan kecil. Mari kita ikuti aliran sesuai urutan nomornya agar kamu lebih paham.

Gambar 6.9 Bagan Peredaran Darah dalam Tubuh
Sumber Gambar: Campbell, Biology 5th Edition (1999 : 472)

5. Penggolongan darah

Tahukah kamu, mengapa dokter atau perawat selalu memeriksa golongan darah sebelum melakukan transfusi darah? Apa golongan darahmu?

Darah dikelompokkan dalam 4 golongan, yaitu golongan darah A, B, AB, dan O. Penggolongan ini didasarkan jenis antigen (aglutinogen) dan antibodi (aglutinin) yang terkandung dalam darah. Aglutinogen adalah protein di dalam sel darah merah yang dapat digumpalkan oleh aglutinin. Aglutinogen terdiri atas aglutinogen A dan aglutinogen B.

Aglutinin adalah zat antibodi, protein di dalam plasma darah yang dapat menggumpalkan aglutinogen. Aglutinin terdiri atas aglutinin α (alfa) dan aglutinin β (beta). Mari kita cermati tabel berikut.

Tabel 6.3 Aglutinogen dan Aglutinin dalam Darah

No.	Golongan Darah	Aglutinogen	Aglutinin
1.	A	A	β
2.	B	B	α
3.	AB	A dan B	Tidak ada
4.	O	Tidak ada	α dan β.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://id.wikipedia.org/wiki/Darah
http://id.wikipedia.org/wiki/Jantung
http://www.dodon.org/nota/edaran.pdf
http://www.e-smartschool.com/
http://ilmupedia.com/

Berdasarkan tabel di atas diperoleh informasi sebagai berikut.

a. Orang yang bergolongan darah A hanya dapat menerima darah dari orang dengan golongan darah A atau O;
b. Orang yang bergolongan darah B hanya dapat menerima darah dari orang dengan golongan darah B atau O;
c. Orang yang bergolongan darah AB dapat menerima darah dari orang dengan golongan darah ABO disebut resipien universal. Akan tetapi, orang bergolongan darah AB hanya dapat mendonorkan darah pada sesama AB;
d. Orang bergolongan darah O dapat mendonorkan darahnya kepada golongan darah ABO disebut donor universal. Akan tetapi, orang bergolongan darah O hanya dapat menerima darah dari sesama O.

Tokohku

Gambar 6.10 Karl Landsteiner
Sumber Gambar: http://nobel.prize.org

Karl Landsteiner adalah tokoh berkebangsaan Austria yang pertama kali menggolongkan darah menurut sistem ABO. Oleh karena itu, ia memperoleh penghargaan Nobel dalam bidang Fisiologi dan Kedokteran pada tahun 1930 untuk jasanya menemukan cara penggolongan darah ABO.

Kegiatan Ilmiah 6.1

Menghitung Denyut Nadi

Tujuan : Menghitung denyut nadi dan mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhinya.

Alat dan Bahan : Termometer badan dan stopwatch.

Petunjuk Kerja

1. Buat kelompok dengan jumlah anggota 3 – 4 orang.
2. Pilih dua di antara anggota kelompokmu untuk menjadi naracoba utama. Usahakan laki-laki dan perempuan atau yang berbadan besar dan kecil. Salah satu anggota lain menjadi naracoba pembanding dan satu lainnya mencatat data hasil kegiatan.
3. Mula-mula, ukur suhu tubuh ketiga naracoba menggunakan termometer badan. Kemudian, hitung denyut nadi ketiga naracoba selama satu menit. (Untuk menghitung denyut nadi, cari nadi di pergelangan tangan, pangkal leher atas di bawah rahang, atau di atas tulang mata). Catat data setiap hasil perhitungan naracoba.
4. Untuk dua naracoba utama, lakukan aktivitas dengan intensitas yang cukup tinggi (seperti lari-lari, jalan cepat, *push up*) selama dua menit tanpa berhenti. Untuk naracoba pembanding, tidak perlu melakukan apa-apa.
5. Sesaat setelah melakukan aktivitas, ukur kembali suhu tubuh dan denyut nadi setiap naracoba selama satu menit termasuk naracoba pembanding. Catat hasilnya.
6. Tulis data hasil kegiatan ini dalam tabel.
7. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Gambar 6.11 Menghitung Denyut Nadi
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Uji Latih Diri 6.1

1. Coba kamu ceritakan, adakah hubungan antara warna merah pada darah dengan pengangkutan oksigen?
2. Apa yang terjadi jika donor darah dilakukan dengan darah yang tidak sama golongannya?

B. Sistem Peredaran Getah Bening (Limfa)

Sistem peredaran getah bening atau limfa terdiri atas cairan limfa, pembuluh limfa, dan kelenjar limfa. Sistem peredaran limfa berperan dalam pengangkutan lemak dan pemberantasan penyakit.

1. Cairan limfa

Cairan limfa adalah cairan yang terdapat di dalam pembuluh limfa. Cairan ini merupakan cairan darah yang merembes keluar dari kapiler darah. Cairan limfa mengandung lemak dan sel-sel darah putih yang berfungsi melawan kuman penyakit yang masuk ke dalam tubuh.

2. Pembuluh limfa

Pembuluh limfa terletak di sela-sela otot, mempunyai cabang-cabang halus, dan bagian ujungnya terbuka. Melalui ujung inilah cairan tubuh masuk ke dalam pembuluh limfa. Struktur pembuluh limfa mirip dengan vena, tetapi mempunyai lebih banyak katup. Pembuluh limfa dibedakan atas 2 macam, yaitu

a. Pembuluh limfa kanan

Pembuluh limfa kanan menerima aliran cairan limfa dari arah kepala, leher, dada kiri, paru-paru, jantung, dan dada sebelah kanan, kemudian bermuara di pembuluh balik di bawah selangka.

b. Pembuluh limfa kiri

Pembuluh limfa ini menerima aliran cairan limfa dari pembuluh limfa atas bagian bawah dan bermuara di pembuluh balik selangka kiri.

3. Kelenjar limfa

Kelenjar limfa terdapat di sepanjang pembuluh limfa. Kelenjar limfa berfungsi membuat sel darah putih dan menjaga tubuh agar tidak mengalami infeksi lebih lanjut. Di dalam tubuh terdapat alat tubuh yang fungsinya sama dengan kelenjar limfa, di antaranya

a. kelenjar limfa di lipatan ketiak, paha, dan leher;
b. kelenjar folikel, di pangkal lidah;
c. tonsil dan amandel;
d. kelenjar limfa di selaput lendir usus.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://free.vlsm.org/v12/sponsor/Sponsor-Pendamping/Praweda/Biologi/
http://ilmupedia.com/
http://tedbio.multiply.com/journal/item/19/Sistem_Sirkulasi_pada_Hewan_dan_Manusia

Kegiatan Ilmiah 6.2

Salah satu penyakit yang dapat ditularkan melalui darah adalah AIDS. Darah orang yang mengandung virus HIV positif dapat menular ke orang lain melalui kontak antara darah dengan darah, sperma, atau cairan tubuh. Coba cari tahu, bagaimana proses penularan ini dapat terjadi?

Tugas Proyek

Penyakit kardiovaskuler merupakan salah satu penyakit yang mematikan. Sebagai seorang yang telah belajar sistem transportasi manusia, tentu kamu paham akan hal itu.
Sekarang, carilah informasi apa saja yang dapat kita lakukan agar sistem peredaran darah kita terhindar dari penyakit. Informasi tersebut dapat kamu peroleh di media masa, buku, internet dan lain-lain. Jangan lupa presentasikan hasil kerjamu di kelas.

Uji Latih Diri 6.2

1. Adakah hubungan antara darah dengan cairan limfa? Ceritakan!
2. Adakah hubungan antara kelenjar limfa dengan sistem imun/kekebalan tubuh?

C. Gangguan Sistem Peredaran Darah

Beberapa contoh penyakit yang disebabkan gangguan sistem peredarahn darah, yaitu sebagai berikut.

1. Anemia

Penyakit di mana kadar Hb tidak mencukupi (di bawah normal). Kadar Hb normal adalah 11%-16%.

2. Hemofilia

Hemofilia terjadi karena darah kekurangan faktor pembeku darah. Jika terjadi luka, darah akan terus keluar sehingga penderita akan kekurangan darah, bahkan dapat menyebabkan kematian.

3. Leukimia atau kanker darah

Leukimia sebenarnya kanker pada sumsum tulang yang menghasilkan sel darah putih. Sel-sel ini menjadi ganas dan memakan sel-sel darah merah sehingga akan mengalami anemia berat.

4. Sklerosis

Sklerosis merupakan pengerasan dinding pembuluh nadi. Pengerasan dinding pembuluh nadi disebabkan oleh lemak yang disebut **Atherosklerosis**. Pengerasan dinding pembuluh nadi yang disebabkan oleh kapur disebut **Arteriosklerosis.**

5. Varises

Varises yang terjadi merupakan pelebaran pembuluh vena akibat kerusakan pada katup-katupnya. Jika terjadi di rektum disebut Hemoroid (Wasir).

Rangkuman

Sistem transportasi pada tubuh manusia terdiri atas sistem peredaran darah dan sistem peredaran getah bening.

Darah terdiri atas korpuskula (sel-sel eritrosit, lekosit, dan trombosit) dan plasma darah. Eritrosit berfungsi untuk mengikat oksigen dan mengedarkannya ke seluruh tubuh. Leukosit berfungsi untuk melawan kuman dan membentuk antibodi. Leukosit dapat dibedakan menjadi yang granulosit dan agranulosit. Plasma darah mengandung albumin, fibrinogen, globulin, sari-sari makanan, mineral, hormon, antibodi, dan zat sisa.

Alat peredaran darah manusia terdiri atas jantung dan pembuluh darah. Peredaran darah manusia termasuk peredaran darah tertutup dan dikenal dengan peredaran kecil dan peredaran darah besar. Peredaran darah kecil dimulai dari bilik kanan jantung menuju ke paru-paru, kemudian kembali ke serambi kiri jantung. Peredaran darah besar dimulai dari bilik kiri jantung ke seluruh tubuh, kemudian kembali ke serambi kanan jantung.

Pembuluh darah dibedakan menjadi arteri dan vena. Arteri mengalirkan darah keluar jantung, sedangkan vena mengalirkan darah masuk ke dalam jantung. Arteri dan vena ujungnya bercabang-cabang menjadi pembuluh kapiler yang berhubungan langsung dengan sel-sel tubuh.

Sistem peredaran getah bening terdiri atas cairan limfa, pembuluh limfa, dan kelenjar limfa. Sistem peredaran limfa berperan dalam pengangkutan lemak dan pemberantasan penyakit. Penyakit yang disebabkan gangguan sistem peredaran darah, antara lain anemia, hemofilia, leukimia, sklerosis, dan varises.

Evaluasi Diri 6

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Sistem transportasi pada manusia terdiri atas alat-alat berikut ini, yaitu ....
   a. jantung – ginjal – hati
   b. jantung – paru-paru
   c. Jantung – pembuluh darah – darah
   d. Jantung – ginjal-paru-paru
2. Komponen yang berfungsi dalam proses pembekuan darah adalah ....
   a. fibrinogen, kalsium, dan serum
   b. serum, kalsium, dan protrombin
   c. protrombin, fibrinogen, dan serum
   d. protrombin, fibrinogen, dan kalsium

3. Sel darah merah yang rusak dihancurkan/dirombak di dalam ....
   a. kandung empedu
   b. pankreas
   c. limfa
   d. hati
4. Proses pembekuan darah di awali dengan pengeluaran dari ... oleh keping darah
   a. kalsium
   b. tromboplastin
   c. protrombin
   d. trombin
5. Darah dari bilik kanan jantung akan mengalir ke ....
   a. paru-paru
   b. serambi kanan
   c. serambi kiri
   d. aorta
6. Di antara pembuluh darah berikut yang dilalui darah kaya oksigen adalah ....
   a. vena hati
   b. vena paru-paru
   c. vena dari ginjal
   d. vena dari usus
7. Orang yang mempunyai aglutinin α dan β di dalam sel darah merahnya bergolongan darah ...
   a. A
   b. B
   c. AB
   d. O
8. Antara atrium kanan dan ventrikel kanan terdapat sekat yang disebut ....
   a. trikuspidalis
   b. monokuspidalis
   c. bikuspidalis
   d. tetrakuspidalis
9. Fungsi dari getah bening adalah mengangkut ....
   a. oksigen
   b. lemak
   c. karbon dioksida
   d. hormon
10. Agung memiliki golongan darah A. Joko bergolongan darah B. Ali bergolongan darah AB dan Budi bergolongan darah O. Donor bagi semuanya adalah ...
   a. Joko
   b. Ali
   c. Agung
   d. Budi

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Apa yang dimaksud peredaran darah ganda?
2. Apa perbedaan antara arteri dan vena?
3. Bagaimana mekanisme pembekuan darah? Jangan lupa untuk sertakan dengan gambar!
4. Mengapa golongan darah AB dikatakan resipien universal?
5. Gangguan atau penyakit apa yang berkaitan dengan sistem peredaran darah?

BAB VII

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu
1. mengidentifikasi struktur morfologi tubuh tumbuhan tingkat tinggi;
2. mengidentifikasi struktur anatomis organ-organ tubuh tumbuhan tingkat tinggi;
3. mengidentifikasi fungsi jaringan tubuh tumbuhan tinggi;
4. mengidentifikasi gejala dan penyebab penyakit pada tumbuhan.

STRUKTUR, FUNGSI, DAN PENYAKIT PADA TUBUH TUMBUHAN

Peta Konsep

STRUKTUR, FUNGSI DAN PENYAKIT TUBUH TUMBUHAN

meliputi

STRUKTUR MORFOLOGIS

berupa

Sistem Akar

Sistem Tunas

STRUKTUR ANATOMIS

pada

Bunga

termasuk

Akar

Batang

Daun

berupa

Rambut Akar
Tudung Akar
Meristem Akar
Epidemis
Korteks
Xilem
Floem
Perisekel

berupa

Jaringan Merislem
Epidermis
Korteks
Berkas Pembuluh
Empulur

berupa

Epidemis
Stomata
Parenkim Palisade
Parenkim Spons
Kloroplas
Xilem
Floem

a. jeruk b. pisang

Gambar 7.1 **Contoh Tumbuhan di Lingkungan Kita**
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Adakah perbedaan bentuk morfologi tubuh tumbuhan pada gambar di atas? Apakah bentuk struktur tubuh bagian dalamnya juga berbeda? Menurutmu, bagaimana peran kedua tumbuhan tersebut bagi lingkungan? Mari kita bahas pada bab berikut ini.

A. Struktur Morfologi Tumbuhan

Kata-Kata Kunci *(Key Words)*

akar
batang
daun
bunga
tangkai
putik
korteks

Coba kamu amati tumbuhan yang ada di lingkunganmu? Bagian-bagian atau struktur morfologis apa saja yang kamu temukan? Untuk lebih memahami struktur morfologi tumbuhan, mari kita lakukan kegiatan berikut ini.

Kegiatan Ilmiah

Identifikasi Struktur Morfologi Tubuh Tumbuhan

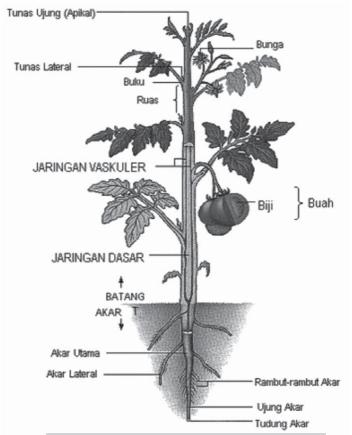
Tujuan : Mengidentifikasi dan membandingkan keragaman struktur morfologis tubuh tumbuhan.

Petunjuk Kerja

1. Pilihlah tumbuhan (tingkat tinggi) yang akan diidentifikasi. Minimal dua tumbuhan yang berbeda.
2. Amati dengan cermat setiap tumbuhan dari bagian bawah sampai paling atas. Amati bagian antar cabang, di bawah pangkal akar termasuk penghitungan jumlah bagian yang diamati. (Jika mampu dan diperlukan, cabut tumbuhan tersebut dari tanah agar bagian bawahnya dapat diamati secara keseluruhan).
3. Deskripsikan bagian-bagian tubuh tumbuhan yang telah diamati. Kemudian, bandingkan dengan hasil kerja temanmu.
4. Diskusikan hal-hal berikut ini bersama temanmu.
   a. Ada berapa bagian tubuh tumbuhan yang berhasil ditemukan?
   b. Dari seluruh bagian tersebut, kelompokkan berdasarkan tempatnya!
   c. Apa nama bagian-bagian tubuh tumbuhan itu? Coba deskripsikan secara rinci bagaimana bentuknya, di mana tempatnya, atau yang lain!
   d. Adakah persamaan atau kemiripan bentuk struktur bagian tubuh tumbuhan yang telah kamu amati dengan tumbuhan berbeda yang diamati temanmu? Jika ada, bagian apa saja?
   e. Adakah perbedaan bentuk struktur bagian tubuh tumbuhan yang telah kamu amati dengan tumbuhan lain yang berbeda diamati temanmu? Jika ada, bagian apa saja dan bagaimana bentuknya?
   f. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Kata-Kata Kunci *(Key Words)*

ruas
floem
xilem
tunas
virus
wereng
patogen
benalu

Struktur morfologi merupakan gambaran bentuk tubuh bagian luar dari suatu organisme. Struktur tumbuhan tingkat tinggi, seperti *Gimnospermae* dan *Angiospermae* dapat digambarkan sebagai berikut.

Gambar 7.2 Bagian-bagian Struktur Morfologi Tumbuhan
Sumber Gambar: Diolah dari Starr, Biology Concept and Applications (2006:418)

Struktur morfologi tumbuhan tingkat tinggi secara umum terdiri atas akar, batang, daun, dan bunga. Struktur morfologi tumbuhan golongan *Angiospermae* tersebut berkaitan dengan kondisi lingkungan tempat hidupnya (darat/terestrial). Di saat yang bersamaan, tumbuhan harus mengambil sumber daya dari tanah dan udara. Air dan mineral dari tanah, sedangkan udara adalah tempat tersedianya CO_2 dan sinar matahari yang tidak dapat menembus tanah. Oleh karena itu, tumbuhan memiliki sistem akar yang berada di bawah permukaan tanah dan sistem tunas yang di atas permukaan tanah. Setiap sistem saling membutuhkan satu sama lain.

B. Struktur Anatomis Organ Tubuh Tumbuhan

Dari hasil pengamatan struktur morfologi tumbuhan sebelumnya, ada berapa macam organ yang dapat kamu temukan pada tumbuhan itu?

Organ-organ yang membentuk tubuh tumbuhan *Angiospermae* terdiri atas akar, batang, daun, dan bunga. Setiap bagian tumbuhan tersebut memiliki struktur dan fungsi yang berbeda-beda.

1. Akar

Menurutmu, mengapa akar terletak di bawah permukaan tanah? Bagaimanakah strukturnya dan apa fungsinya?

Fungsi akar di antaranya untuk

a. menambatkan tumbuhan ke tanah;
b. menyerap dan menghantarkan air dan mineral;
c. menyimpan makanan.

Struktur akar *Angiospermae* dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu akar **tunggang** pada kelompok tumbuhan **dikotil** dan akar **serabut** pada kelompok **monokotil**. Perbedaan struktur kedua akar ini tampak seperti gambar di samping.

a. Akar tunggang

b. Akar serabut

Gambar 7.3 Perbedaan Morfologi Akar Tunggang
Sumber Gambar: http://www.lpl.arizona.edu

Struktur akar tunggang memungkinkan akar dapat mengambil molekul-molekul air yang berada jauh di bawah tanah. Selain itu, banyak akar tunggang yang merupakan modifikasi bentuk untuk menyimpan cadangan makanan, seperti pada wortel. Akar serabut berpengaruh pada kemampuan tumbuhan untuk menyerap banyak air dan mineral serta sebagai tambatan tumbuhan yang kuat ke dalam tanah.

Biasanya pada akar terdapat struktur rambut-rambut akar yang berfungsi memperluas permukaan penyerapan air dan mineral. Rambut akar merupakan perluasan dari sel-sel epidermis akar.

Meski secara morfologis akar tunggang dan akar serabut berbeda, struktur anatomis jaringan-jaringan yang membentuk kedua akar itu memiliki kesamaan. Coba kamu perhatikan gambar di samping.

Gambar 7.4 Struktur Anatomi Akar dengan Bagian-bagiannya
Sumber Gambar: Starr, Biology Concept and Applications (2006:426)

Tudung akar merupakan bagian ujung akar yang tersusun oleh sel-sel yang tidak aktif membelah. Tudung akar berfungsi untuk melindungi ujung akar terutama sel-sel meristem akar.

Meristem akar merupakan jaringan yang tersusun dari sel-sel yang aktif membelah untuk menambah ukuran (panjang) akar. Meristem terletak di sebelah dalam tudung akar.

Epidermis merupakan lapisan paling luar yang tersusun oleh satu atau dua lapis sel yang sama dan masih dapat membelah. Fungsinya, melindungi bagian/lapisan dalam. Epidermis ada yang membentuk rambut-rambut akar. Di sebelah dalam epidermis terdapat korteks dan endodermis sebagai penguat/penyokong bentuk akar. Apakah di dalam akar terdapat jaringan pengangkut?

Jaringan penyokong dan pengangkut (xilem dan floem) dibatasi oleh perisekel. Xilem/pembuluh kayu berfungsi mengangkut air dan mineral dari dalam tanah ke daun untuk fotosintesis. Floem/pembuluh tapis berfungsi mengangkut hasil fotosintesis ke bagian tubuh tumbuhan.

Akar pada beberapa tumbuhan polong-polongan memiliki nodul atau bintil-bintil akar yang di dalamnya terdapat bakteri simbiotik. Bakteri tersebut dapat mengubah nitrogen atmosfer (N_2) menjadi senyawa bernitrogen yang digunakan tumbuhan untuk membentuk

Gambar 7.5 Bintil Akar
Sumber Gambar: Campbell. Biology Concepts and Connectios (2000:654)

protein dan molekul organik lainnya. Bintil akar ini merupakan bentuk hasil hubungan simbiosis antara akar dengan bakteri.

2. Batang

Tahukah kamu struktur dan fungsi batang? Secara morfologis, batang terdiri atas

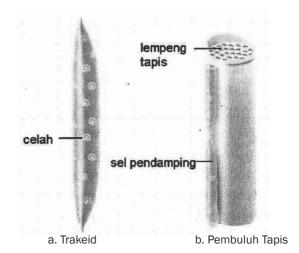
a. buku, yaitu tempat melekatnya daun;
b. ruas, bagian di antara dua buku;
c. tunas aksiler (lateral) yang berpotensi membentuk tunas cabang;
d. tunas terminal (ujung/apikal), bagian yang aktif tumbuh dan berkembang membuat batang menjadi lebih tinggi.

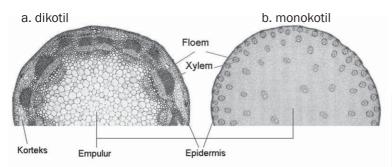
Batang memiliki fungsi sebagai berikut.

a. menegakkan dan menguatkan tubuh tumbuhan,
b. meneruskan air dan zat-zat mineral dari akar ke seluruh tubuh terutama daun,
c. mengalirkan zat hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh, bahkan sampai ke bagian cadangan makanan.

Fungsi transportasi zat mampu dilakukan batang karena adanya struktur jaringan-jaringan pembuluh, yaitu pembuluh kayu (xilem) dan pembuluh tapis (floem). Secara anatomis, xilem tersusun oleh sel-sel panjang berupa trakeid dan unsur pembuluh. Trakeid adalah sel panjang dan tipis dengan ujung runcing. Unsur pembuluh biasanya lebih lebar, pendek, dinding selnya lebih tipis, dan kurang runcing.

Floem dibentuk oleh rangkaian sel yang disebut anggota pembuluh tapis. Dinding ujung antara anggota pembuluh tapis disebut lempengan tapis yang memiliki pori sehingga cairan mengalir dengan mudah dari sel ke sel sepanjang pembuluh itu.

a. Trakeid b. Pembuluh Tapis

Gambar 7.6 Trakeid dan Pembuluh Tapis
Sumber Gambar: Starr, Biology Concept and Application (2006:421)

Jaringan pembuluh xilem dan floem sama-sama terdapat pada tumbuhan monokotil dan dikotil. Tumbuhan monokotil dan dikotil memiliki tipe pembuluh batang berbeda. Perbedaan itu terdapat pada susunan jaringan-jaringan pembuluhnya. Susunan jaringan pembuluh pada monokotil tersebar secara kompleks, sedangkan pada dikotil tersusun 'rapi' berbentuk lingkaran.

Gambar 7.7 Susunan Jaringan Pengangkut
Sumber Gambar: Campbell, Biology Concept and Connection. (2000:627)

Secara anatomis, struktur batang tersusun atas lapisan-lapisan jaringan. Lapisan paling luar adalah epidermis sebagai jaringan pelindung dan dibawahnya terdapat korteks sebagai jaringan penyokong. Korteks hanya ditemukan pada tumbuhan dikotil. Lapisan terdalam adalah empulur yang tersusun oleh sel-sel dewasa dan kuat sebagai dasar pembentuk batang.

3. Daun

Coba bayangkan, apa yang terjadi jika tumbuhan tidak memiliki daun? Daun merupakan organ utama tempat terjadinya fotosintesis. Fotosintesis adalah proses metabolisme pengubahan karbon dioksidasi dan air menjadi zat gula (dan zat lain) serta oksigen dengan bantuan energi sinar matahari.

Struktur-struktur apa yang ada pada 'dapur kecil' daun hingga mampu 'memasak' makanan?

Permukaan daun bagian atas dan bawah diselubungi oleh jaringan yang terusun dari satu atau lebih lapis sel, yaitu epidermis. Fungsinya sebagai lapisan pelindung kerusakan fisik dan organisme patogen. Pada epidermis terdapat kutikula berlapis lilin yang berperan mengurangi penguapan air. Di antara sel-sel epidermis terdapat stomata, suatu pori atau celah yang diapit oleh sel penjaga. Stomata memungkinkan terjadinya pertukaran gas, khususnya CO_2 antara udara di sekitar daun dengan jaringan fotosintetis dalam daun. Stomata juga berfungsi sebagai jalan penguapan air saat proses transpirasi. Biasanya, jumlah stomata lebih banyak pada lapisan daun bagian bawah.

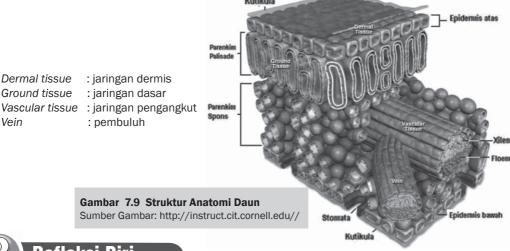
Gambar 7.8 Stomata dengan Sel Penjaga
Sumber Gambar: Campbell, et.all. Biology Concepts and Connections (2000:627)

Antara epidermis atas dan epidermis bawah terdapat jaringan dasar yang disebut mesofil. Kebanyakan mesofil daun tumbuhan dikotil terdiri atas dua bagian, yaitu parenkim palisade di bagian atas dan parenkim spons (bunga karang) di bagian bawah.

Parenkim palisade tersusun atas sel berbentuk kolumner yang di dalamnya terdapat kloroplas. Kloroplas mengandung klorofil yang berfungsi 'menangkap' gelombang cahaya matahari sebagai energi untuk proses fotosintesis. Ini berarti, pada jaringan palisade proses fotosintesis berlangsung.

Parenkim spons merupakan suatu ruangan berbentuk labirin udara. Labirin ini dapat dilalui karbon dioksida dan oksigen yang bersirkulasi dari epidermis/stomata sampai palisade. Daun juga memiliki jaringan pembuluh angkut yang bersambungan dengan xilem dan floem dari batang.

Dermal tissue : jaringan dermis
Ground tissue : jaringan dasar
Vascular tissue : jaringan pengangkut
Vein : pembuluh

Gambar 7.9 Struktur Anatomi Daun
Sumber Gambar: http://instruct.cit.cornell.edu//

Refleksi Diri

Diskusikan dengan temanmu. Mengapa daun yang telah tua berdaun coklat? Kaitkan pembahasannya dengan klorofil

4. Bunga

Apakah kamu salah satu orang yang menyukai bunga? Bunga apa yang paling kamu suka? Mengapa kamu menyukai bunga tersebut?

Bunga merupakan organ penting bagi tumbuhan, khususnya A*ngiospermae* karena bunga merupakan alat reproduksi dan berperan dalam pewarisan sifat. Fungsi bunga didukung oleh struktur alat reproduksi yang ada pada bunga, yaitu benang sari *(*stamen*)* dan putik *(*pistil*).* Benang sari merupakan seperangkat alat reproduksi jantan yang terdiri atas bagian tangkai sari (filamen), kepala sari (anther), dan serbuk sari (pollen). Putik merupakan alat reproduksi betina yang terdiri atas bagian-bagian tangkai putik (stile), kepala putik (stigma), dan bakal buah (ovary).

Gambar 7.10 Bunga dengan Bagian-bagiannya
Sumber Gambar: http://instruct.cit.cornell.edu//

stamen : benang sari
pollen : serbuk sari
anther : kepala sari
pistil : putik
style : tangkai putik
stigma : kepala putik
ovary : bakal buah
ovule : kandung lembaga
petal : mahkota
sepal : kelopak

Serbuk sari *(pollen)* merupakan sekumpulan sel-sel kelamin (gamet) jantan yang akan membuahi gamet betina di bakal buah. Bakal sel gamet jantan akan mengalami pematangan dengan melakukan pembelahan sel membentuk dua sel aktif serbuk sari. Saat terjadi penyerbukan, yaitu menempelnya serbuk sari ke kepala putik, dua sel tersebut akan menjadi inti vegetatif dan inti generatif. Inti vegetatif yang ada di bawah inti generatif membuat saluran untuk inti generatif menuju kantung bakal buah.

Di dalam kantung bakal buah, satu bakal gamet betina akan membelah membentuk sel telur dan sel bakal endosperma. Saat inti vegetatif dan inti generatif mencapai kantung bakal buah, inti vegetatif akan membuahi sel bakal endosperma. Inti generatif akan membuahi sel telur membentuk embrio. Embrio bersama endosperma akan berkembang menjadi biji sebagai calon individu baru.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://id.wikipedia.org/wiki/Morfologi_tumbuhan
http: iel.ipb.ac.id/sac/hibah/2003/sf_tumbuhan/unsurhara.pdf

Uji Latih Diri 7.1

1. Secara morfologis, apa perbedaan batang, cabang, ruas, dan buku?
2. Bagaimana perbedaan struktur berkas pengangkut antara batang monokotil dengan dikotil jika digambarkan secara skematis?
3. Mengapa bintil akar merupakan satu bentuk simbiosis mutualisme?
4. Mengapa peleburan gamet jantan dan betina pada bunga terjadi di kantung bakal buah?

C. Hama dan Penyakit pada Tumbuhan

1. Hama tanaman

Gambar 7.11 Wereng
Sumber Gambar: http://www.ento.csiro.au/aicn/name_s/b_2799.htm

Mengapa gagal panen sering disebabkan hama? Apa itu hama? Hama merupakan gangguan yang diakibatkan organisme parasit, seperti tikus, belalang, ulat, dan wereng. Organisme tersebut biasanya merusak jaringan-jaringan atau organ tumbuhan sehingga metabolisme tumbuhan terganggu. Pada awalnya, organisme parasit hanya memenuhi kebutuhan makanan saja. Akan tetapi, lama kelamaan jumlahnya semakin banyak dan tidak seimbang dengan tanaman budidaya sehingga tanaman menjadi rusak dan mati.

Tanaman yang biasanya diserang hama adalah tanaman budidaya, seperti padi, kacang-kacangan, buah, dan sayuran. Para petani biasanya membasmi hama dengan insektisida atau menaburkan antitikus. Sebenarnya, ada cara yang lebih baik untuk menanggulangi hama, yaitu memberi hewan predator (pemangsa hewan) tersebut. Akan tetapi, cara alamiah tersebut membutuhkan waktu relatif lama untuk memberantas hama.

a. tikus

b. ulat

c. belalang

Gambar 7.12 Hama
Sumber Gambar: http://images.google.co.id/images.tikus; http://i1.treknature.com/photos/3719/ulat_bulu.jpg; http://kamarulrizam.com/media/

2. Penyakit tumbuhan

Penyakit tumbuhan merupakan kondisi ketidaknormalan pada tumbuhan akibat faktor biotik (serangan patogen) atau gangguan faktor lingkungan. Penyakit ini terlihat dalam bentuk gejala kerusakan pada organ atau metabolisme tumbuhan tersebut. Kelompok penyebab biotik (organisme patogen), yaitu jamur, bakteri, fitoplasma, virus, protozoa, nematoda, ganggang, organisme parasit, dan organisme parasit berupa benalu atau hama perusak tanaman.

Faktor lingkungan yang dapat menjadi penyebab abiotik, yaitu.

a. suhu yang ekstrim;
b. kekurangan atau kelebihan air;
c. kekurangan atau kelebihan cahaya;
d. kekurangan oksigen;
e. polusi udara;
f. defisiensi (kekurangan nutrisi);
g. keracunan mineral dan pestisida (dari pupuk kimia).

Ada beberapa contoh penyakit yang biasanya ada di lingkungan kita. Tahukah kamu? Mari kita bahas pada berikut ini.

a. Tungro pada padi

Penyakit ini ditularkan virus wereng hijau *Nephotettix virescens* yang mengakibatkan pertumbuhan padi jadi terhambat. Gejalanya tergantung jenis padi, lingkungan, umur tanaman, dan jenis *(strain)* virus. Perubahan warna dimulai dari ujung daun yang meluas sampai ke pangkal daun. Warna yang muncul adalah merah jambu atau kekuningan. Padi yang mengalami tungro akan terlambat berbunga,

(bakal biji) kecil atau sama sekali tidak keluar, kebanyakan bijinya kosong atau atau terisi sebagian. Akar tanaman tidak berkembang dengan baik.

b. Kerdil rumput pada padi

Penyakit ini awalnya tidak menyerang padi. Pada tahun 1970-an, penyakit yang disebabkan virus wereng cokelat *Nilaparvata lugens* yang menyerang padi. Gejala kerusakan dapat timbul pada semua umur padi. Tanaman yang "sakit" akan membentuk anakan kecil-kecil sehingga tampak seperti kipas. Daun-daunnya menjadi sempit, pendek, kaku, dan tegak, serta berwarna kekuningan. Kadang, daunnya membentuk bercak-bercak. Meskipun tanaman dapat hidup terus, tetapi tidak dapat membentuk malai sehingga kulit buahnya akan kosong.

c. Hawar daun pada jagung

Penyakit ini disebabkan jamur *Bipolaris maydis* yang menyerang tanaman hidup di daerah hangat atau lembab. Gejalanya tampak seperti adanya bercak memanjang warna kelabu pada daun dan meluas ke seluruh permukaan daun. Pada tangkai tongkol dan kelobot, bercaknya berwarna cokelat tua dan meluas menjadi cokelat gelap.

d. Karat daun kopi

Karat daun disebabkan jamur *Hemileia vastatrix* yang menyerang daun. Gejalanya, pada sisi bawah daun terdapat bercak-bercak yang awalnya kuning muda, kemudian menjadi kuning tua. Bercak itu akan membentuk tepung berwarna jingga dan daun akan mengering. Kemudian, daun akan gugur yang lama kelamaan pohon akan menjadi gundul.

e. Serangan hama

Tumbuhan dapat mengalami sakit karena gangguan hama dari organisme parasit, di antaranya tikus, wereng, atau belalang. Organisme tersebut biasanya merusak jaringan-jaringan atau organ tumbuhan sehingga tanaman terganggu metabolismenya.

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk memperluas wawasan akan materi ini.
http://tumoutou.net/SERANGGA_LINGK.htm
http://mablu.wordpress.com/category/hama-dan-penyakit/hama-dalam-tanaman-kelapa-sawit/
http://www.litbanghortikultura.go.id/

Tokohku

Sulfahri, lahir di Tanete, 26 Januari 1989. Ia adalah penemu insektisida alami dan ramah lingkungan dari umbi gadung. Umbi gadung mengandung asam sianida (HCN). Cara pembuatannya hanya membutuhkan waktu sekitar 5-10 menit. Cara pembutannya adalah umbi gadung sebanyak 100 gram dikupas lalu diparut dan ditambah air 1 liter. Setelah itu, bahan diaduk dan disaring. Hasil penelitian menunjukkan bahwa insektisida dari umbi gadung bisa mengedalikan hama semut pada tanaman kakao hingga 96,6 persen untuk sekali semprot dan untuk 5 pohon tanaman kakao.

Sumber: http://www.jawaragaktakutjerawat.com/ver2/

Gambar: 7.13 Sulfahri
Sumber: http://www.jawaragaktakutjerawat.com/ver2/

Uji Latih Diri 7.2

1. Apa yang dimaksud dengan hama pada tanaman?
2. Bagaimana hubungan struktur dan fungsi tanaman dengan penyakit tumbuhan?
3. Virus dan jamur apa sajakah yang dapat menyebabkan penyakit tumbuhan!

Rangkuman

Morfologi tumbuhan terdiri atas akar, batang, daun, dan bunga. Akar berfungsi menambatkan tubuh ke tanah, menyerap, menghantarkan air dan mineral, serta menyimpan makanan. Struktur anatomis akar terdiri dari bagian ujung akar, yaitu tudung akar, epidermis, korteks, perisekel, xilem, dan floem.

Batang terdiri dari buku, ruas, tunas aksiler, dan tunas terminal. Fungsi batang menegakkan dan menguatkan tubuh tumbuhan, meneruskan air dan zat-zat mineral dari akar ke seluruh tubuh terutama daun, serta mengalirkan zat hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh. Transportasi zat dilakukan batang, melalui xilem dan floem.

Daun merupakan tempat terjadinya fotosintesis. Epidermis berfungsi sebagai lapisan pelindung. Stomata memungkinkan terjadinya pertukaran gas dan berfungsi sebagai jalan penguapan air saat proses transpirasi. Antara epidermis atas dan epidermis bawah terdapat mesofil yang terdiri atas parenkim palisade dan parenkim spons. Di parenkim palisade terdapat kloroplas yang mengandung klorofil, berfungsi 'menangkap' gelombang cahaya matahari sebagai energi untuk proses fotosintesis.

Bunga berfungsi sebagai organ reproduksi tumbuhan yang didukung struktur alat reproduksi, berupa benang sari dan putik. Benang sari merupakan seperangkat alat reproduksi jantan. Putik merupakan alat reproduksi betina.

Hama merupakan gangguan yang diakibatkan organisme parasit. Hama, merusak jaringan-jaringan atau organ tumbuhan sehingga tanaman terganggu metabolismenya. Penyakit tumbuhan merupakan kondisi ketidaknormalan pada tumbuhan akibat serangan patogen atau gangguan faktor lingkungan. Contoh penyakit tumbuhan, antara lain tungro dan kerdil rumput pada padi, hawar daun pada jagung, dan karat daun kopi.

Evaluasi Diri 7

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Akar *tidak* memiliki fungsi untuk ....
   a. menambatkan tumbuhan ke tanah
   b. menyerap air dari tanah
   c. menyimpan cadangan makanan
   d. akar napas

2. Bagian yang *tidak* termasuk sistem akar tumbuhan adalah ....
   a. rambut akar
   b. ranting akar
   c. akar lateral
   d. akar utama
3. Berikut ini merupakan fungsi batang, *kecuali ....*
   a. menegakkan tubuh tumbuhan
   b. meneruskan air dan zat-zat hasi fotosintesis
   c. menyimpan cadangan makanan
   d. menyerap air dari tanah
4. Trakeid memiliki struktur dan fungsi yang berbeda dengan anggota pembuluh tapis, yaitu ....
   a. menyusun pembuluh xilem
   b. sebagai pengangkut zat-zat hasil fotosintesis
   c. menyusun pembuluh floem
   d. dinding ujungnya disebut lempengan tapis
5. Secara berurutan, jaringan-jaringan yang menyusun lapisan akar adalah ....
   a. rambut akar – epidermis – endodermis – pembuluh
   b. korteks – perisekel – endodermis – pembuluh
   c. epidermis – korteks – endodermis – pembuluh
   d. epidermis – korteks – pembuluh – endodermis
6. Perbedaan struktur berkas pengangkut antara monokotil dan dikotil ditunjukkan dengan ....
   a. berkas pembuluh dikotil menyebar tak teratur
   b. pada monokotil, xilem dan floem bersebelahan
   c. antara xilem dan floem pada dikotil dipisah jaringan lain
   d. berkas pembuluh dikotil lebih teratur
7. Struktur vital tumbuhan yang terdapat pada daun dan berfungsi untuk pertukaran gas adalah ....
   a. kutikula
   b. epidermis
   c. floem
   d. stomata
8. Berkas pengangkut pada daun terletak pada bagian ....
   a. kutikula
   b. stomata
   c. parenkim palisade
   d. parenkim spons
9. Inti *pollen* yang berfungsi sebagai pembuka jalan menuju inti sel telur adalah inti ....
   a. vegetatif
   b. generatif
   c. sel telur
   d. endosperma
10. Inti bakal endosperma sangat berperan bagi perkembangan calon individu baru tumbuhan karena ....
    a. sebagai calon embrio
    b. dapat membuahi sel telur
    c. mengandung nutrisi
    d. sebagai calon buah

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Bagaimana asal struktur dan fungsi rambut akar?
2. Gambarkan secara skematis, bagaimana alur transportasi air dan gas pada daun?
3. Gambarkan secara skematis, bagaimana terjadinya pembuahan pada bunga?
4. Bagaimana hubungan mutualistik antara bakteri dengan rambut akar pada tumbuhan kacang-kacangan?

BAB VIII

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:
1. merangkai alat percobaan fotosintesis;
2. menuliskan reaksi fotosintesis dan menjelaskannya;
3. menjelaskan proses perolehan nutrisi pada tumbuhan;
4. menjelaskan proses transfer hasil fotosintesis.

TRANSFER MATERI DAN ENERGI PADA TUMBUHAN

Peta Konsep

TRANSFER MATERI DAN ENERGI PADA TUMBUHAN

Reaksi Gelap
ReaksiTerang

FOTOSINTESIS

Faktor-faktor
Suhu, Cahaya, Co_2, Air
Pertumbuhan, Oksigen
Klorofil

Bahan/Substrat → Proses → Hasil

CO_2

Air dan Mineral

diangkut ke

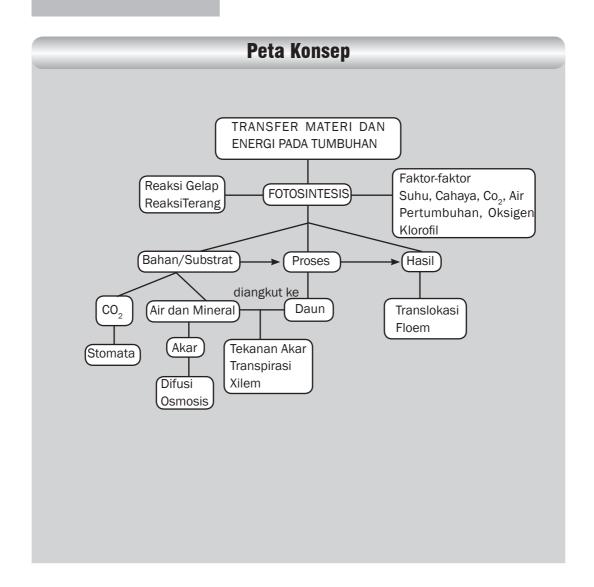
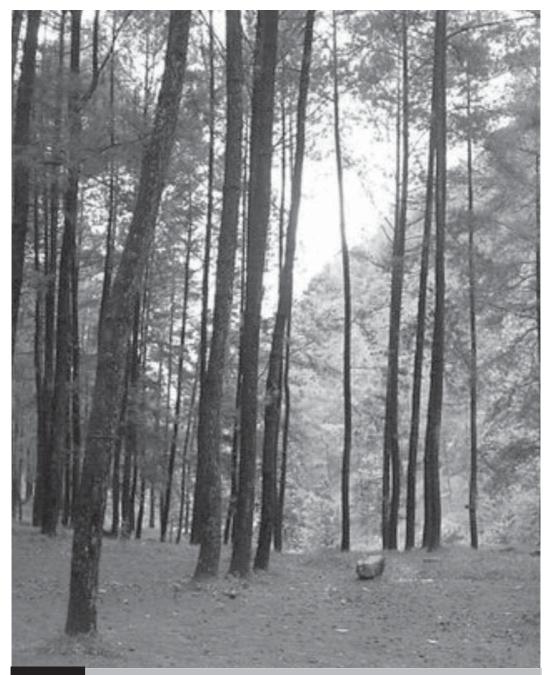
Daun

Translokasi
Floem

Stomata

Akar

Tekanan Akar
Transpirasi
Xilem

Difusi
Osmosis

Gambar 8.1 Tumbuhan sebagai Produsen
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Setiap makhluk hidup membutuhkan makan sebagai sumber energi. Bagi hewan dan manusia, makanan dapat diperoleh dari tumbuhan atau hewan lain. Bagaimana tumbuhan memperoleh makanannya sendiri?

A. Fotosintesis

Sebagai produsen, tumbuhan mampu membuat dan menyediakan makanan sendiri melalui fotosintesis. Hampir semua makhluk hidup bergantung dari energi yang dihasilkan fotosintesis. Fotosintesis berjasa menghasilkan oksigen di atmosfer bumi. Apa yang kalian ketahui tentang fotosintesis? Bagaimana prosesnya?

Fotosintesis adalah proses penyusunan atau pembentukan senyawa kompleks dari senyawa sederhana dengan menggunakan energi cahaya (foton). Tumbuhan mendapatkan energi cahaya ini dari cahaya matahari. Tumbuhan yang dapat memanfaatkan energi cahaya matahari adalah tumbuhan yang memiliki klorofil. Untuk memahami bagaimana fotosintesis, mari kita lakukan kegiatan berikut ini.

Kata-Kata Kunci *(Key Words)*

foton
klorofil
jaringan palisade
glukosa
reaksi gelap
reaksi terang
difusi
osmosis
membran
semipermiabel
sel penjaga
buka tutup stomata
cahaya
oksigen
karbon dioksida
kadar air
klorofil

Kegiatan Ilmiah

Fotosintesis

Tujuan

1) mampu merangkai alat percobaan untuk fotosintesis;
2) mengidentifikasi gejala yang terjadi pada kegiatan fotosintesis;
3) mendeskripsikan proses fotosintesis dari gejala-gejala yang timbul;
4) mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi fotosintesis.

Alat dan Bahan

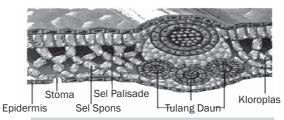
1) gelas beker;
2) tabung reaksi;
3) corong kaca;
4) kawat;
5) tumbuhan *Hidrilla*.

Petunjuk Kerja

1. Rangkai alat-alat yang akan digunakan seperti gambar di samping.
2. Letakkan rangkaian alat tersebut di tempat yang mendapat cahaya matahari langsung. Tunggu beberapa saat. Amati dan catat apa yang terjadi.
3. Letakkan juga alat tersebut di tempat yang tidak mendapat cahaya matahari langsung dan tidak mendapat cahaya matahari sama sekali. Tunggu beberapa saat. Amati dan catat apa yang terjadi.
4. Apa yang dapat kamu simpulkan dari kegiatan ini?

Gambar 8.2 Persiapan Percobaan
Sumber Gambar: Dokumentasi Pribadi

Bahan Diskusi

1. Apa yang dapat kamu temukan dan amati setelah meletakkan rangkaian alat tersebut di tempat yang mendapat cahaya matahari langsung? Gejala apakah itu?
2. Bagaimana gejala itu dapat terjadi?
3. Apakah gejala itu kamu temukan dan dapat diamati setelah meletakkan rangkaian alat di tempat yang tidak mendapat cahaya matahari langsung dan tidak mendapat cahaya matahari sama sekali?
4. Menurutmu, apakah gejala itu merupakan gejala fotosintesis? Mengapa?
5. Bagaimana gambaran proses gejala itu dapat terjadi?
6. Faktor-faktor apa saja yang memengaruhi terjadinya proses itu?

Gambar 8.3 Struktur Anatomi Daun
Sumber Gambar: http: //instruct.cit.cornell.edu

Gambar 8.4 Proses Fotosintesis
Sumber Gambar: www.yahoo.com/images/fotosintesis/htm

Sama halnya dengan proses memasak, fotosintesis juga memerlukan bahan. Bahan untuk fotosintesis adalah molekul air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2). Bahan tersebut akan membentuk glukosa (molekul gula) dan menghasilkan oksigen.

Secara kimiawi, proses fotosintesis dapat dituliskan dengan reaksi berikut ini.

(air) + (karbon dioksida) $\longrightarrow$ (glukosa) + (oksigen)

Dimanakah terjadinya fotosintesis?

Pada umumnya, fotosintesis terjadi pada organ daun karena klorofil terdapat di daun, tepatnya pada jaringan palisade. Secara umum, proses fotosintesis terjadi dalam dua tahap yang diuraikan sebagai berikut.

1. Reaksi terang (berlangsung dengan cahaya)

Dalam tahap ini, klorofil menyerap energi cahaya untuk memecah molekul air (fotolisis) menjadi ion oksigen dan ion hidrogen.

molekul air $\longrightarrow$ ion hidrogen + ion oksigen

2. Reaksi gelap

Pada reaksi ini terjadi pengikatan karbon dioksida di dalam daun. Karbon dioksida bergabung dengan ion hidrogen yang dihasilkan dalam reaksi terang menjadi gula (glukosa).

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk memperluas wawasan akan materi ini.
http://id.wikipedia.org/wiki/Fotosintesis
http://www.lablink.or.id/Bio/Sel/fotosintesis.htm
http://bebas.vlsm.org/v12/sponsor/Sponsor-Pendamping/Praweda/Biologi/

Uji Latih Diri 8.1

1. Bagaimana perbandingan jumlah zat dan molekul yang terlibat dalam proses fotosintesis?
2. Mengapa fotosintesis terjadi pada jaringan palisade daun?
3. Bagaimana hubungan antara reaksi gelap dan reaksi terang?

Bagaimana tumbuhan mendapatkan nutrisi atau bahan untuk fotosintesis? Bagaimana proses transfer hasil fotosintesis itu? Mari kita bahas berikut ini.

B. Penyerapan Air dan Mineral oleh Akar

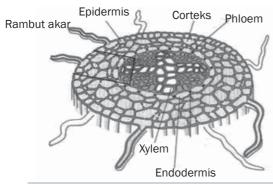
Salah satu bahan penting untuk proses fotosintesis adalah air yang diperoleh tumbuhan dari dalam tanah melalui organ akar. Penyerapan air oleh tumbuhan melalui tahapan sebagai berikut.

Air akan diserap melalui rambut-rambut akar → masuk ke epidermis akar → korteks → bagian stele (bagian akar yang terdapat jaringan pembuluh angkut) → xilem → dihantarkan ke daun.

Air di sela partikel tanah akan masuk ke rambut akar. Kemudian, air dan zat-zat mineral mengalir masuk ke daerah epidermis akar sampai ke korteks secara difusi. Hal ini tejadi karena perbedaan konsentrasi atau jumlah cairan terlarut (mineral). Difusi merupakan proses bergerak atau berpindahnya zat/molekul cair dari tempat yang konsentrasinya tinggi ke yang lebih rendah. Konsentrasi mineral pada bagian manakah yang lebih tinggi?

Selanjutnya, air akan masuk ke endodermis dan xilem. Di endodermis, air akan melewati membran selektif permeabel secara osmosis. Osmosis merupakan proses berpindah atau mengalirnya zat/molekul cair dari tempat yang konsentrasinya tinggi ke lebih rendah melalui membran selektif permeabel. Membran ini berfungsi sebagai penyaring sehingga hanya mineral-mineral yang dibutuhkan yang akan sampai xilem dan diangkut sampai ke daun.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk memperluas wawasan akan materi ini.
http://ilmupedia.com/content/view/
http://windiart.wordpress.com/2008/03/23/kuliah-biologi-dasar/
http://www.forumsains.com/

Gambar 8.5 Kedudukan Berkas Pengangkut pada Akar
Sumber Gambar: Campbell, Biology Concepts and Connections (2000:643)

Proses penyerapan air dan mineral oleh akar sangat dipengaruhi luas permukaan akar. Rambut-rambut akar berperan dalam memperluas bidang penyerapan air. Luas bidang penyerapan air ini dapat bertambah dengan adanya mikhoriza, yaitu simbiosis antara akar tumbuhan dengan jamur.

Kilasan IPA

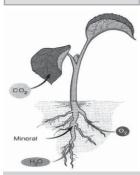
Pernahkah kamu membuat minuman sirup? Saat kamu menuangkan cairan sirup ke dalam gelas berisi air maka sirup secara perlahan akan bercampur dengan air sehingga air akan berasa sirup. Proses bercampurnya cairan sirup dengan air merupakan contoh proses difusi.

Untuk memahami proses osmosis, buat minuman teh dengan teh celup. Saat teh celup dimasukkan ke dalam air, perpindahan warna teh terjadi dari bungkusnya ke air. Kantung teh dapat diibaratkan sebagai membran selektif permeabel. Inilah contoh proses osmosis dalam kehidupan sehari-hari.

Uji Latih Diri 8.2

Apa perbedaan prinsip mekanisme difusi dengan osmosis jika dilihat kaitannya terhadap proses penyerapan mineral pada tumbuhan?

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk memperluas wawasan akan materi ini.
http://www.forumsains.com/
http://ilmupedia.com/content/view/

Gambar 8.6 Tempat-tempat Penyerapan Bahan Fotosintesis
Sumber Gambar: Campbell, Biology Concepts and Connections (2000:642)

C. Pengangkutan Air dari Akar ke Daun

Tahukah kamu, bagaimanakah caranya agar air yang telah diserap akar dapat sampai ke daun?

Ada dua proses yang menyebabkan air dapat terkirim sampai ke daun, yaitu tekanan akar dan tarikan transpirasi. Saat partikel mineral banyak yang terkumpul di bagian stele, potensial air akan turun sehingga banyak air yang masuk (terosmosis) ke stele. Banyaknya air yang mengalir dari korteks ke stele ini menghasilkan suatu dorongan besar yang “memaksa” cairan masuk dan naik di dalam xilem. Peristiwa ini yang dimaksud sebagai tekanan akar.

Saat siang hari, udara di luar daun lebih kering. Artinya, kandungan air lebih rendah dibanding kandungan air dalam daun. Akibatnya, air dalam daun akan terdifusi keluar melalui stomata. Proses ini disebut sebagai transpirasi.

Proses transpirasi menyebabkan tumbuhan kehilangan air. Adanya gaya adhesi dan kohesi yang terjadi antara air dengan sel-sel jaringan mesofil daun maka jaringan ini ‘menarik’ air dari jaringan di bawahnya untuk memenuhi kebutuhan air dalam daun yang hilang karena transpirasi. Gaya tarik itu menyebabkan air yang terangkut akar (pada proses tekanan akar) akan mengisi xilem batang dan terus naik ke daun. Proses aliran air dari potensial tinggi ke potensial rendah karena tarikan transpirasi terjadi terus menerus sehingga air dapat sampai ke daun.

Uji Latih Diri 8.3

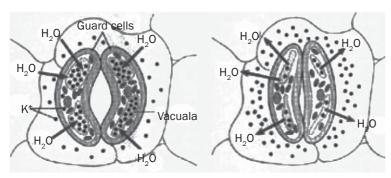
Bagaimana proses mekanisme tekanan akar dan transpirasi?

D. Pengambilan CO_2 melalui Stomata

Bahan yang digunakan untuk proses fotosintesis lainnya adalah CO_2 yang diperoleh tumbuhan dari udara dengan cara difusi dalam bentuk gas melalui stomata. Stomata merupakan ruang keluarnya air saat transpirasi. Agar proses transpirasi dan difusi CO_2 ini seimbang, stomata dapat membuka atau menutup.

Proses membuka dan menutupnya stomata dipengaruhi proses osmosis air pada sel-sel penjaga stomata. Saat sel-sel penjaga mengambil air, se-sel tersebut dan celah antarsel penjaga akan membesar sehingga stomata akan terbuka. Sebaliknya, saat air mulai berkurang, sel-sel penjaga akan mengkerut dan celah antarsel akan mengecil, sampai menutup.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk memperluas wawasan akan materi ini.
http://en.wikipedia.org/wiki/Stoma
http://www.microscopy-uk.org.uk/schools/images/stomata.html
http://bima.ipb.ac.id/~tpb-ipb/materi/bio100/Materi/trnaspirasi_tumb.html

Gambar 8.7 Proses Membuka dan Menutup Stomata
Sumber Gambar: Campbell, et. al. Biology Concepts and Connections (2000:645)

Uji Latih Diri 8.4

Menurutmu, bagaimana hubungan antara konsentrasi air pada sel penjaga dengan proses difusi gas karbon dioksida?

E. Transfer Hasil Fotosintesis dari Daun

Hasil proses fotosintesis adalah molekul gula (glukosa) dan gas oksigen (O_2). Oksigen akan didifusi keluar dari daun melalui stomata untuk dimanfaatkan organisme lain, hewan atau manusia. Glukosa akan disebarkan ke seluruh tubuh tumbuhan sebagai sumber energi metabolisme. Glukosa yang berlebih akan disimpan dalam organ cadangan makanan, seperti umbi batang, umbi akar, atau buah. Proses penyebaran zat hasil fotosintesis ini disebut dengan translokasi.

Zat hasil fotosintesis diangkut pembuluh tapis (floem). Proses pengangkutannya terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi antara ujung pipa floem yang telah terisi glukosa dengan ujung pipa lain yang belum terisi. Pada ujung pipa yang terisi glukosa, konsentrasinya akan tinggi sehingga air akan masuk ke floem. Adanya aliran air ini menimbulkan tekanan yang akan mengalirkan gula ke ujung pipa lainnya yang belum terisi. Proses ini terjadi terus di dalam floem yang tersebar di seluruh bagian tubuh tumbuhan sehingga zat hasil fotosintesis dapat disebarkan.

Refleksi Diri

Gambar 8.8 Tanaman Anggrek
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Sukakah kamu pada tanaman anggrek? Anggrek merupakan tanaman hias yang sangat unik dan banyak dipelihara orang. Hal menarik dari anggrek adalah sebagian besar tumbuhan ini ditanam tidak dengan media tanah. Jadi, bagaimana proses anggrek mendapatkan nutrisi metabolisme tubuhnya?

F. Faktor-faktor yang Memengaruhi Fotosintesis

Berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis

1. Cahaya

Energi cahaya yang diserap tumbuhan tergantung pada intensitas cahaya, panjang gelombang cahaya, dan lama penyinaran. Jika intensitas cahaya terlalu tinggi dapat merusak klorofil.

2. Konsentrasi karbon dioksida.

Semakin banyak karbon dioksida di udara, jumlah bahan yang dapat digunakan untuk fotosíntesis makin cukup, tetapi kenaikan karbon dioksida harus sesuai dengan intensitas cahaya.

3. Suhu

Enzim-enzim yang bekerja dalam proses fotosintesis hanya dapat bekerja pada suhu optimal.

4. Kadar air

Kekurangan air menyebabkan stomata menutup dan menghambat penyerapan karbon dioksida sehingga mengurangi laju fotosintesis.

5. Kadar hasil fotosintesis

Jika kadar zat hasil fotosintesis berkurang, laju fotosintesis akan naik.

6. Tahap pertumbuhan tanaman

Laju fotosintesis jauh lebih tinggi pada tumbuhan yang sedang berkecambah daripada tumbuhan dewasa.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk memperluas wawasan akan materi ini.
http://tedbio.multiply.com/journal/item/17/Transportasi_pada_Tumbuhan_
http://www.insight-magazine.com/indo/edisi_12.html
http://ilmupedia.com/

7. Oksigen

Kenaikan kadar oksigen dapat menghambat fotosintesis karena oksigen merupakan komponen untuk respirasi.

8. Kandungan klorofil

Jika kadar klorofil berkurang, daun akan menguning dan ini akan menurunkan laju fotosintesis.

Tugas Proyek

Identifikasi Letak dan Struktur Berkas Pengangkut

Tujuan : Mengidentifikasi letak dan struktur berkas pengangkut.

Alat dan bahan :

1. Botol plastik bekas air minuman mineral 5-4 buah.
2. Cairan eosin dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Perbedaan konsentrasi ini dapat dilihat dari warna larutan eosin yang dibuat.
3. Beberapa batang tumbuhan air.

Petunjuk Kerja

1. Rangkailah alat dan bahan menjadi seperti gambar. Sebagai pembanding, gunakan botol yang hanya diisi air biasa.
2. Letakkan rangkaian alat percobaan pada tempat yang mendapat cahaya matahari langsung dan tidak langsung. Biarkan kurang lebih setengah hari. Catat kondisi tumbuhan mula-mula yang dapat kamu identifikasi.
3. Setelah kurang lebih setengah hari, amatilah kembali rangkaian percobaanmu. Catat perubahan apa yang tampak.
4. Ambillah batang tanaman pacar air dari rangkaian percobaan. Buatlah preparat melintang dari batang (bagian bawah).
5. Amati menggunakan mikroskop preparat yang telah kamu buat.
6. Jangan lupa, buatlah laporan kegiatan proyek ini.

Gambar 8.9 Tumbuhan Pacar Air dengan Cairan Eosin dalam Botol Bekas Air Mineral
Sumber Gambar: Dokumen Penerbit

Tokohku

Ingenhousz (1730-1799) adalah ilmuwan Britania Raya yang membuktikan bahwa cahaya memengaruhi laju fotosintesis pada tumbuhan. Pada tahun 1778, ia mengulangi eksperimen Priestly yang pernah menemukan bahwa udara dapat dipulihkan oleh tumbuhan di dalam toples tertutup. Jan Ingenhousz menemukan bahwa cahaya matahari berpengaruh pada tumbuhan sehingga dapat "memulihkan" udara yang rusak.

Gambar 8.10 Jan Ingenhousz
Sumber gambar: http://cache.eb.com/eb/image?id=10796&rendTypeId=4Jan

Rangkuman

Tumbuhan membuat makanannya sendiri melalui fotosintesis yang terjadi di jaringan palisade daun. Fotosintesis adalah proses penyusunan senyawa kompleks dari senyawa sederhana dengan menggunakan energi cahaya. Bahan fotosintesis adalah karbon dioksida dan air. Hasilnya adalah glukosa dan oksigen. Tahapan fotosintesis adalah reaksi gelap dan reaksi terang.

Tumbuhan menyerap air dan mineral melalui rambut-rambut akar, masuk ke epidermis dan korteks secara difusi. Kemudian, menuju stele secara osmosis setelah melewati endodermis. Air dapat terkirim sampai ke daun karena tekanan akar dan tarikan transpirasi.

Karbon dioksida diperoleh dari udara dengan cara difusi melalui stomata. Hasil fotosintesis diangkut floem ke seluruh tubuh tumbuhan. Oksigen akan berdifusi ke luar daun melalui stomata.

Proses fotosintesis dipengaruhi intensitas cahaya, konsentrasi karbon dioksida, suhu, kadar air, dan hasil fotosintesis, tahap pertumbuhan tanaman, oksigen dan kandungan klorofil.

Evaluasi Diri 8

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Fotosintesis memerlukan unsur-unsur, seperti ....
   a. cahaya, klorofil, glukosa, dan air
   b. cahaya, klorofil, oksigen, dan air
   c. cahaya, klorofil, CO_2, dan air
   d. cahaya, klorofil, oksigen, dan CO_2

2. Bagian tumbuhan hijau yang berfungsi menyerap cahaya matahari adalah ....
   a. klorofil
   b. daun
   c. batang
   d. akar

3. Fotosintesis menghasilkan glukosa, kemudian digunakan untuk membuat berbagai bahan lain yang diperlukan tumbuhan tersebut. Kelebihan glukosa tersebut disimpan dalam bentuk ....
   a. selulosa
   b. karbohidrat
   c. protein
   d. lemak

4. Gas yang diperlukan untuk proses fotosintesis adalah ....
   a. karbon dioksida
   b. karbon monoksida
   c. oksigen
   d. nitrogen

5. Peran klorofil dalam proses fotosintesis adalah ....
   a. menyerap CO_2
   b. menyerap O_2
   c. menggabungkan CO_2 dan O_2
   d. menyerap energi cahaya

6. Hasil dari proses fotosintesis adalah ....
   a. karbon dioksida dan glukosa
   b. karbon monoksida dan glukosa
   c. oksigen dan glukosa
   d. nitrogen dan glukosa

7. Pada proses fotosintesis terdapat dua tahap, yaitu reaksi gelap dan reaksi terang. Pada saat reaksi terang terjadi ....
   a. pengikatan karbon dioksida dalam daun
   b. penyerapan air oleh rambut-rambut akar
   c. penyerapan energi cahaya untuk memecah molekul air menjadi ion oksigen dan ion hidrogen oleh klorofil
   d. karbon dioksida bergabung dengan ion hidrogen.

8. Urutan penyerapan air dari dalam tanah oleh akar sampai ke daun yang digunakan untuk proses fotosintesis adalah ....
   a. rambut akar → epidermis akar → korteks → stele → xilem → daun
   b. rambut akar → epidermis akar → stele → korteks → xilem → daun
   c. rambut akar → korteks → epidermis akar → xilem → daun
   d. rambut akar → korteks → xilem → daun

9. Pada organ daun, proses fotosintesis terjadi pada jaringan ....
   a. epidermis
   b. parenkim spons
   c. klorofil
   d. parenkim palisade

10. Mekanisme translokasi zat hasil fotosintesis dipengaruhi oleh ....
   a. osmosis
   b. difusi
   c. perbedaan konsentrasi
   d. semua jawaban tidak tepat

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Menurutmu, kemanakah ion oksigen hasil fotosintesis pada reaksi terang akan "pergi"?
2. Fakta apa yang dapat dijadikan bukti bahwa fotosintesis menghasilkan oksigen?
3. Mengapa proses masuknya gas karbondioksida melalui stomata disebut sebagai mekanisme difusi?
4. Bagaimana faktor-faktor fotosintesis memengaruhi proses fotosintesis?

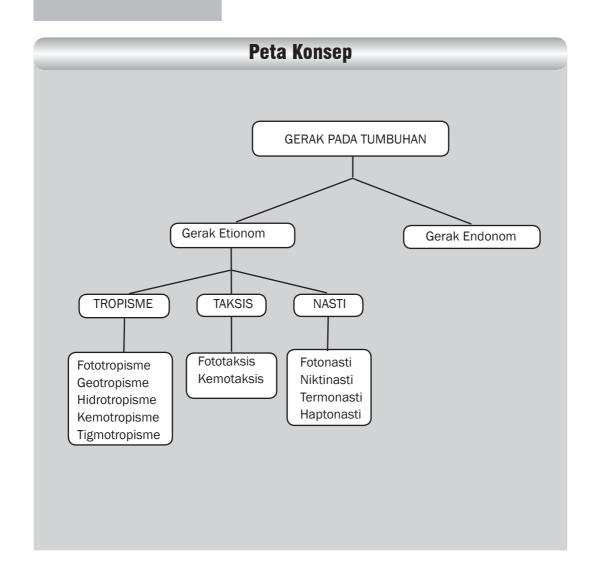
BAB IX

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:
1. membedakan macam-macam gerak tumbuhan;
2. mengamati gerak pada tumbuhan dan membuat laporan hasil pengamatannya.

GERAK PADA TUMBUHAN

Peta Konsep

- GERAK PADA TUMBUHAN
  - Gerak Etionom
    - TROPISME
      - Fototropisme
      - Geotropisme
      - Hidrotropisme
      - Kemotropisme
      - Tigmotropisme
    - TAKSIS
      - Fototaksis
      - Kemotaksis
    - NASTI
      - Fotonasti
      - Niktinasti
      - Termonasti
      - Haptonasti
  - Gerak Endonom

Gambar 9.1 **Bunga Teratai**
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Tahukah kamu, pada jam berapa bunga teratai mulai memekarkan mahkotanya? Biasanya, bunga teratai mulai mekar sekitar pukul delapan pagi. Jika hari cerah dan matahari terus bersinar, bunga akan terus mekar sampai sekitar pukul empat sore. Kemudian, bunga teratai akan mulai mengatupkan mahkotanya kembali. Pernahkah tepikir olehmu, bagaimana bunga teratai dapat mengerti saat kapan mulai memekarkan dan mengatupkan mahkotanya kembali?

Pada umumnya, makhluk hidup memberikan tanggapan terhadap rangsang dengan bergerak. Cara makhluk hidup bergerak itu berbeda-beda sesuai dengan alat geraknya. Apakah tumbuhan juga bergerak? Bagaimanakah tumbuhan bereaksi terhadap rangsangan dari lingkungan sekitarnya?

Kata-Kata Kunci *(Key Words)*

etionom
endonom
tropisme
nasti
taksis

Kegiatan Ilmiah 9.1

Tumbuhan Peka terhadap Rangsang

a. sebelum disentuh

b. setelah disentuh

Gambar 9.2 Tumbuhan Putri Malu
Sumber Gambar: http://www.bidorbuy.co.za/item/8371311/_sensitive_plant_seeds_mimosa_pudica.html

Tujuan : Membuktikan bahwa tumbuhan dapat bergerak akibat adanya rangsangan dari lingkungan.

Alat dan Bahan : Lidi; tumbuhan putri malu; daun pohon asam; daun petai cina; daun johar; tanaman dalam pot.

Petunjuk Kerja

1. Bagi teman-temanmu menjadi beberapa kelompok.
2. Ambil tanaman putri malu, kemudian sentuh pada bagian daun, dahan, atau batangnya. Hati-hati terhadap duri tanaman putri malu.
   Apa yang terjadi?
3. Amati tumbuhan yang memiliki daun majemuk, seperti pohon asam, petai cina, atau johar saat senja. Apakah daun tumbuhan tersebut mengatup?
4. Letakkan sebuah tanaman dalam pot di dekat jendela dalam beberapa hari. Ke arah manakah tumbuhan tersebut tumbuh (arah datangnya cahaya atau ke arah gelap)?

Tokohku

Gambar 9.3 Gloria Corruzi
Sumber Gambar: Campbell.et.al. Biologi Edisi Kelima Jilid 2. (1999:xv)

Beliau merupakan salah satu pemimpin dari gelombang baru para peneliti yang menggunakan metode modern biologi molekuler untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan bagaimana tumbuhan bekerja. Dr Corruzzi adalah seorang Professor Carrol ang Milton Petrie di Jurusan Biologi New York University. Penelitiannya menggunakan analisis genetik dan manipulasi DNA untuk menguraikan pengaturan metabolisme tumbuhan.

A. Gerak Tumbuhan

Tumbuhan juga bergerak, meskipun sangat terbatas pada bagian tubuh tertentu. Tumbuhan tidak memiliki alat gerak dan sistem saraf yang spesifik sehingga tumbuhan melakukan gerak sebatas menanggapi rangsangan dari lingkungan di sekitarnya. Rangsangan tersebut dapat berupa sentuhan, cahaya, suhu, air, kelembaban atau zat-zat kimia.

B. Cara Tumbuhan Bergerak

Gerak pada tumbuhan hanya dilakukan oleh bagian tubuh tertentu, misalkan bagian ujung tunas, ujung akar, atau pada bagian daun. Berdasarkan sumber rangsangan, gerakan pada tumbuhan dibedakan menjadi dua, yaitu gerak etionom dan gerak otonom/endonom.

1. Gerak etionom

Gerak etionom adalah gerak tumbuhan karena adanya rangsangan dari luar. Rangsangannya dapat berupa cahaya, zat kimia, medan listrik, gravitasi bumi, atau air. Berdasarkan hubungan antara arah respon gerakan dengan asal rangsangan, gerak etionom dapat dibedakan menjadi tropisme, taksis, dan nasti.

Gambar 9.4 Batang Tanaman Tumbuh ke Arah Datangnya Cahaya
Sumber Gambar: http://www.ncsu.edu/project/agronauts/images/broclight.gif

a. Tropisme

Tropisme merupakan gerak tumbuhan atau bagian dari tumbuhan yang arah gerakannya dipengaruhi arah datangnya rangsangan. Jika gerakannya menuju ke arah rangsangan, disebut tropisme positif. Jika gerakannya menjauhi arah rangsangan disebut tropisme negatif.

1) Fototropisme

Fototropisme adalah gerak tropisme akibat rangsangan cahaya. Gerak tropisme dapat dibuktikan dengan meletakkan pot yang berisi tanaman (kacang hijau, misalnya) di tempat yang hanya memperoleh cahaya matahari. Tumbuhan akan tumbuh ke arah datangnya cahaya matahari.

2) Geotropisme

Geotropisme adalah gerak bagian tumbuhan karena pengaruh gaya gravitasi bumi. Misalnya, gerakan akar di dalam tanah yang menuju ke pusat bumi.

3) Hidrotropisme

Hidrotropisme merupakan gerak bagian tubuh tumbuhan yang disebabkan rangsang berupa air. Gerakan ini sangat tampak pada akar. Pada dasarnya, akar akan bergerak ke bawah mendekati pusat gravitasi bumi. Akan tetapi, banyak ujung akar yang bergerak mendatar atau ke arah tempat yang cukup air.

4) Kemotropisme

Kemotropisme merupakan gerak bagian tumbuhan karena adanya rangsangan zat kimia. Contohnya, gerak akar mendekati tempat yang kaya akan zat hara tertentu.

5) Tigmotropisme

Tigmotropisme merupakan gerak bagian tumbuhan yang disebabkan adanya pengaruh rangsang berupa persinggungan atau sentuhan satu sisi.

Gambar 9.5 Contoh Gerak Geotropisme Positif: Akar Bambu Tumbuh ke Dalam Tanah
Sumber Gambar: http://botanicavirtual.udl.es/rel/ima/phyllostachys_sp_paliforme_jac_sm.jpg

Gambar 9.6 Gerak Akar Mendekati Tempat yang Cukup Air
Sumber Gambar: Campbell, et.al. Biology Concepts and Connections (2000:668)

Kilasan IPA

Pernahkah kamu makan wortel? Tahukah kamu, mengapa wortel dan akar tumbuhan lain tidak tumbuh ke arah lain?

Gerakan sadar yang kita lakukan biasanya merupakan tanggapan atas rangsangan tertentu. Sejak perkecambahan dimulai, akar pada akhirnya tumbuh mengarah ke bawah, dan menembus tanah. Tanggapan oleh tumbuhan berupa pertumbuhan yang terarah akibat rangsangan dari luar ini disebut sebagai tropisme. Pertumbuhan akar ke arah bawah ternyata dirangsang oleh adanya gaya tarik bumi (gravitasi), dan diistilahkan dengan gravitropisme

Sumber: diolah dari http://klipingut.wordpress.com/2007/06/19/tumbuhan/

Gerakan ini sangat tampak pada gerak membelit ujung batang ataupun ujung sulur dari *Cucurbitaceae*, seperti yang tampak pada gambar. Contoh tumbuhan lain yang bersulur adalah *Passiflora*, anggur, semangka, dan ketimun.

Gambar 9.7 Tumbuhan Genus *Cucurbitaceae*
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

b. Taksis

Taksis merupakan gerak berpindahnya bagian tubuh ataupun seluruh tubuh tumbuhan menuju atau menjauhi rangsang, yang arah perpindahannya dipengaruhi oleh rangsangan. Jika arah gerakannya menuju rangsang disebut taksis positif. Sebaliknya, jika menjauhi rangsang disebut taksis negatif.

Berdasarkan jenis rangsangnya, taksis dapat dibedakan menjadi fototaksis dan kemotaksis. Disebut fototaksis jika rangsang penyebab gerakan adalah cahaya. Gerakan ini biasanya terjadi pada organisme tingkat rendah. Misalnya, pada *Spirogyra* atau tumbuhan ganggang bersel satu *Euglena* yang sama-sama peka terhadap rangsang cahaya bergerak mendekati arah yang terang. Sebaliknya, jika rangsang penyebab gerakan berupa zat kimia disebut kemotaksis. Contohnya, gerak pada sel kelamin jantan mendekati sel telur.

Refleksi Diri

Adakah suatu penelitian yang menunjukkan bahwa musik klasik memberikan efek baik terhadap pertumbuhan tanaman? Bagaimana hal itu dapat terjadi?

c. Nasti

Gerak nasti merupakan gerak menutup atau membukanya bagian dari tumbuhan karena adanya rangsang yang arahnya tidak dipengaruhi oleh arah datangnya rangsangan, tetapi ditentukan oleh tumbuhan itu sendiri.

Daun tumbuhan putri malu *(Mimosa pudica)* akan segera menutup jika disentuh. Gerakan ini disebut tigmonasti atau seismonasti. Gerakan membukanya daun tumbuhan putri malu pada pagi hari dipengaruhi oleh cahaya matahari yang diterimanya. Akan tetapi, gerakannya tidak menuju ke arah datangnya cahaya matahari. Gerakan ini disebut fotonasti. Gerakan mengatupnya daun pada saat menjelang senja disebut niktinasti atau disebut juga gerak tidur.

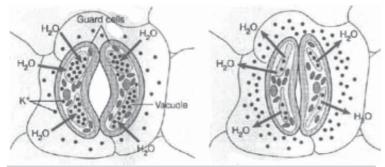
a. bunga tulip belum mekar

b. bunga tulip mekar

Gambar 9.8 Mekarnya Bunga Tulip sebagai Contoh Gerak Termonasti
Sumber Gambar a. http://insight.srijith.net/shots/280406-tulip.jpg
b. http://www.jennifermaihack.com/uploaded_images/

Gerak nasti dapat terjadi akibat rangsang suhu, seperti pada bunga tulip. Bunga ini akan mekar jika suhu menjadi hangat dan menutup kembali jika suhunya menurun. Gerakan ini disebut sebagai termonasti. Rangsang lain berupa sentuhan serangga juga dapat mempengaruhi gerakan pada sejenis tumbuhan perangkap. Jika ada serangga yang menyentuh bagian dari daun maka daun akan segera menutup. Gerakan ini dinamakan haptonasti.

Gambar 9.9 Haptonasti
Sumber Gambar : Campbell, et.al. Biology Concepts and Connections (2000:653)

Gerak nasti juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor sekaligus, seperti pH, suhu, kadar kalsium, dan karbon dioksida sehingga nasti kompleks. Contohnya, gerak membuka dan menutupnya stomata pada daun, seperti pada gambar berikut ini.

Gambar 9.10 Gerak Membuka dan Menutup pada Stomata
Sumber Gambar: Campbell, et.al. Biology Concepts and Connections (2000:645)

2. Gerak otonom/endonom

Gerak otonom atau endonom adalah gerakan tumbuhan yang disebabkan oleh rangsangan yang diduga berasal dari dalam tubuh tumbuhan itu sendiri. Gerak ini sering disebut sebagai gerak spontan. Tumbuhan melakukan gerakan ini tanpa adanya pengaruh rangsangan dari luar. Gerak endonom yang paling umum adalah nutasi, yaitu gerak ujung batang yang sedang tumbuh atau organ lain, seperti daun, stolon, tangkai bunga, dan akar.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk memperluas wawasan akan materi ini.
http://www.insight-magazine.com/indo/edisi_12.html
http://ilmupedia.com/ http://tedbio.multiply.com/journal/item/15/Gerak_pada_Tumbuhan_
http://aanavis.blogspot.com/2008/01/cara-tubuh-melakukan-regulasi-kadar-co2.html

Kegiatan Ilmiah 9.2

Faktor luar yang penting sebagai rangsangan bagi tumbuhan adalah cahaya, zat kimia, gravitasi, mekanis, dan air. Mari kita lakukan kegiatan berikut ini untuk memenuhi rasa penasaranmu akan hal-hal tersebut.

1. Bagaimanakah pengaruh posisi penanaman biji terhadap arah tumbuh akar dan batang?
2. Bagaimanakah pengaruh arah datangnya cahaya terhadap arah tumbuh pada batang?
3. Bagaimanakah pengaruh tonggak kayu terhadap gerak tumbuh sulur tanaman anggur?

Lakukan kegiatan ini secara berkelompok. Setiap kelompok melakukan penelitian yang berbeda sesuai dengan permasalahan di atas. Apa yang dapat kamu simpulkan? Presentasikan kesimpulan tersebut di depan kelas.

Uji Latih Diri 9.1

Jenis rangsangan apa yang menyebabkan tumbuhan berikut ini bergerak?

a. Bunga matahari;
b. bunga tulip;
c. *spirogyra*;
e. *mimosa pudica*;
f. gerakan akar;
g. *Cucurbitae*.

Rangkuman

Gerak pada tumbuhan hanya dilakukan oleh bagian tubuh tertentu. Berdasarkan sumber rangsangannya, gerak tumbuhan dibedakan menjadi gerak etionom dan endonom. Gerak etionom adalah gerak tumbuhan yang disebabkan rangsangan dari luar. Rangasangan tersebut berupa cahaya, zat kimia, medan listrik, gravitasi bumi, dan air. Gerak etionom dibedakan menjadi tropisme, taksis, dan nasti. Gerak otonom atau endonom adalah gerakan yang disebabkan rangsangan dari dalam tumbuhan itu sendiri.

Evaluasi Diri 9

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Menutupnya daun tumbuhan putri malu dapat dipengaruhi oleh ....
   a. sentuhan
   b. cahaya lampu
   c. gravitasi bumi
   d. panas bumi

2. Gerak akar yang dipengaruhi oleh gravitasi bumi disebut ....
   a. tropisme
   b. geotropisme
   c. fototropisme
   d. nasti

3. Taksis pada tumbuhan berarti gerak ....
   a. pindah sebagian atau seluruh bagian tubuh tumbuhan
   b. adanya cahaya matahari
   c. menuju ke pusat bumi
   d. menghindari cahaya

4. Sulur tanaman melilit benda yang lebih keras termasuk gerak ....
   a. kemotropisme
   b. fotonasti
   c. fototaksis
   d. tigmotropisme

5. Gerak tropisme negatif dibedakan dengan tropisme positif atas dasar ....
   a. kecepatan geraknya
   b. arah geraknya terhadap rangsang
   c. frekuensi gerak per satuan waktu
   d. macam organ tubuh yang bergerak

6. Gerak *Euglena viridis* yang mendekati cahaya termasuk gerak ....
   a. kemotaksis
   b. taksis
   c. fotonasti
   d. hidrotropisme

7. Gerak yang terjadi pada tumbuhan *Mimosa pudica* merupakan gerak ....
   a. fototropisme
   b. geotropisme
   c. taksis
   d. nasti

8. Gerak yang biasanya terjadi pada tumbuhan tingkat rendah di mana sebagian atau seluruh bagian tubuh tumbuhan itu akan berpindah karena adanya suatu rangsang adalah gerak ....
   a. kemotaksis
   b. nasti
   c. taksis
   d. fototaksis

9. Bagian tubuh tumbuhan yang peka terhadap rangsang cahaya adalah ....
   a. pangkal batang
   b. ujung daun
   c. ujung batang
   d. tengah ruas batang

10. Contoh gerak fotonasti adalah ...
    a. sulur pada tanaman polong
    b. mekarnya bunga teratai
    c. akar gantung pohon beringin
    d. menutupnya daun *Mimosa pudica* jika sore tiba

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

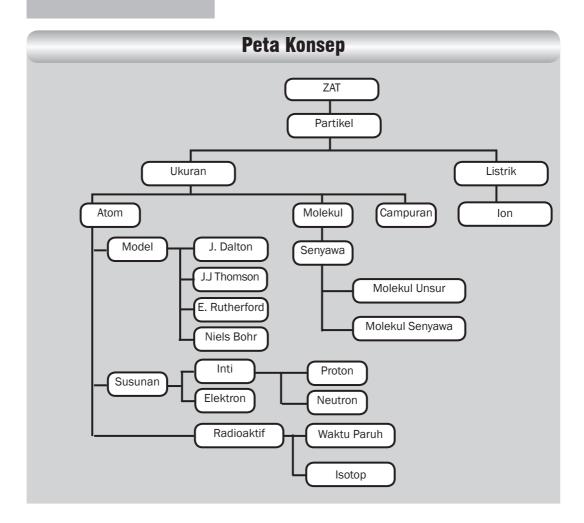
1. Bagaimana tumbuhan menanggapi rangsangan?
2. Bagaimanakah gerakan tropisme?
3. Apakah persamaan antara gerak tigmotropisme dan tigmonasti? Berikan contohnya!
4. Bagaimana reaksi daun putri malu dalam menanggapi rangsangannya? Bagaimana hal itu terjadi?
5. Apakah yang dimaksud dengan gerak nutasi?

BAB X

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu
1. mendefinisikan pengertian partikel materi (atom, ion, dan molekul);
2. memberikan contoh materi tertentu yang terdiri atas ion-ion;
3. menjelaskan perbedaan antara molekul unsur dengan molekul senyawa dengan gambar;
4. menunjukkan beberapa contoh molekul sederhana yang ada dalam kehidupan sehari-hari.

ATOM, ION, DAN MOLEKUL

Peta Konsep

Gambar 10.1 Bom Atom

Sumber Gambar: http://pesanantar.files.wordpress.co

Ingatkah kamu jatuhnya bom atom di Hirosima? Wah... sungguh dahsyat bukan? Apa itu atom? Bagaimanakah sebenarnya bentuk atom itu? Mari ikuti pembahasan pada bab ini.

Suatu zat dapat dibagi-bagi menjadi bagian-bagian (partikel) yang ukuran partikelnya lebih kecil. Partikel terkecil dari suatu zat yang masih mempunyai sifat sama dengan sifat zat asal partikel itu disebut molekul. Senyawa dari molekul ini dapat berupa ikatan antara unsur yang sama (molekul unsur), tetapi dapat juga berupa ikatan unsur-unsur yang berbeda (molekul senyawa). Jika suatu senyawa dielektrolisis dengan arus listrik searah maka akan terionisasi. Partikel dari senyawa yang terionisasi ini disebut ion.

Ion adalah partikel yang bermuatan listrik. Anion merupakan ion yang bermuatan listrik negatif, sedangkan kation merupakan ion yang bermuatan listrik positif.

Kata-Kata Kunci
(Key Words)

atom
eksitasi
elektron
golongan
ion
ionisasi
isotop
molekul
neutron
partikel
proton

A. Partikel Materi

1. Atom

Istilah atom pertama kali ditemukan oleh Democritos yang menyatakan bahwa atom sangat kecil sehingga tidak dapat dibagi-bagi. Kemudian, Dalton menyempurnakan definisi atom menjadi partikel terkecil dari suatu unsur yang sudah tidak dapat dibagi-bagi lagi dengan cara kimia biasa. Beberapa pendapat mengenai bentuk atom dikemukakan oleh **Dalton**, **J.J Thomson**, **E. Rutherford**, dan **Niels Bohr**.

Dalton

Gambar 10.2 Model Atom Dalton
Sumber Gambar: www.uoragon.edu

a. Dalton

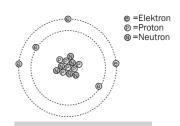
Menurut **Dalton**, atom berupa butiran-butiran yang sangat kecil yang digambarkan dalam bentuk bola kecil. Diameter bola atom untuk setiap unsur berbeda-beda. Bola atom paling kecil adalah atom hidrogen.

b. J.J Thomson

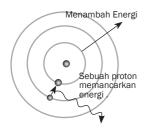
Thomson memperbaiki kelemahan atom Dalton. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa ada partikel bermuatan negatif dalam atom yang disebut elektron. **Thomson** mengusulkan model atom, seperti roti kismis atau kue onde-onde. Menurutnya, atom berbentuk bola pejal yang permukaannya dikelilingi elektron dan partikel lain yang bermuatan positif. Pada atom netral, jumlah muatan positif sama dengan jumlah elektronnya.

Gambar Atom 10.3 Model Atom J.J Thomson
Sumber Gambar: http://www.outreach.phy.comac.ulc

c. E. Rutherford

Atom terdiri dari inti atom yang bermuatan positif (proton) dan elektron yang bermuatan negatif. Elektron bergerak pada orbitnya mengelilingi inti atom. Pada atom netral, jumlah elektron sama dengan jumlah proton pada inti atom.

Gambar 10.4 Atom Rutherford
Sumber Gambar: http://sub.allaboutcircuits.com

d. Niels Bohr

Pendapat Niels Bohr pada dasarnya menyempurnakan teori atom Rutherford. Niels Bohr menjelaskan bahwa elektron mengelilingi inti atom pada lintasan tertentu dengan energi tertentu. Ketika

Gambar 10.5 Atom Niels Bohr
Sumber Gambar: http://contenanswer.com.

ada elektron yang melepaskan energi, elektron akan berpindah ke lintasan/kulit elektron yang lebih dalam. Sebaliknya, jika ada elektron yang menerima energi, elektron tersebut akan berpindah ke lintasan/ kulit yang lebih luar.

Di samping terdapat proton, di dalam inti atom terdapat partikel neutron yang tidak bermuatan listrik.

Orbit elektron tidak terdapat pada satu bidang datar, tetapi berada dalam ruang. Banyaknya elektron pada tiap kulit mempunyai jumlah maksimum. Artinya, jumlah elektron pada tiap kulit tidak pernah melebihi jumlah tertentu. Jumlah maksimum elektron pada suatu kulit dinyatakan dengan rumus $2n^2$, n adalah nomor kulit.
Kulit pertama merupakan kulit yang paling dekat dengan inti atom disebut kulit K, jumlah maksimum elektronnya = $2 \cdot 1^2 = 2$ elektron.
Kulit kedua disebut kulit L, maksimum elektronnya = $2 \cdot 2^2 = 8$.
Kulit ketiga, yaitu kulit M, maksimum elektronnya = $2 \cdot 3^2 = 18$.
Kulit keempat N, maksimum elektronnya = $2 \cdot 4^2 = 32$.
Jumlah maksimum elektron pada kulit-kulit berikutnya (O, P, Q, dan R) adalah sama dengan angka-angka di atas dan maksimum 32 elektron. Jumlah elektron pada kulit paling luar tidak pernah lebih dari 8, kecuali untuk jumlah 18 dan 32.
Banyaknya elektron pada kulit paling luar dan jumlah kulit elektron menentukan sifat unsur. Elektron bergerak mengelilingi inti atom sambil berputar pada sumbunya, seperti gerak planet-planet mengelilingi matahari. Gerakan tersebut disebut gerak spin.

Contoh Soal 10.1

Atom oksigen (O) mempunyai 8 elektron maka susunan elektron pada kulit K dan L berturut-turut adalah 2 6.
Atom fosfor (P) mempunyai 15 elektron maka susunan elektron pada kulit K, L, M berturut-turut adalah 2 8 5
Atom hidrogen (H) adalah atom yang paling ringan karena hanya mempunyai 1 elektron yang beredar pada kulit K.

a. atom oksigen b. atom fosfor c. atom hidrogen

Gambar 10.6 Kulit-kulit Elektron pada Atom

Elektron-elekton berputar pada sumbunya dan bergerak mengelilingi inti atom pada orbit elektronnya. Makin jauh kedudukan elektron terhadap inti atom, makin cepat gerak berputarnya. Oleh karena

itu, elektron yang berada di kulit luar mempunyai energi lebih besar daripada energi pada kulit yang lebih dalam. Jadi, energi elektron pada kulit *M* lebih besar daripada energi elektron pada kulit *L* ($E_M > E_L$).
Akibat pengaruh sesuatu, elektron dapat berpindah dari kulit yang satu ke kulit di dekatnya. Perpindahan elektron dari kulit dalam ke kulit luar disebut *eksitasi*.

Nomor Massa dan Nomor Atom

Massa atom suatu unsur merupakan massa relatif unsur dibandingkan massa sebuah atom hidrogen. Banyaknya proton di dalam inti atom disebut nomor atom yang diberi lambang *Z*. Pada atom netral, banyaknya proton dalam inti sama dengan banyaknya elektron sehingga nomor atom merupakan banyaknya elektron yang beredar mengelilingi inti atom. Banyaknya proton dan neutron di dalam inti atom disebut nomor massa yang diberi lambang *A*. Jika lambang atom adalah *X* maka penulisan sebuah atom menjadi

X = lambang atom
Z = nomor atom
A = nomor massa

Contoh Soal 10.2

Atom oksigen ditulis $^{16}_{8}O$, artinya
nomor atom = *Z* = 8
nomor massa = *A* = 16
jumlah proton = *Z* = 8
jumlah elektron = *Z* = 8
jumlah neutron = *A* – *Z*
= 16 – 8
= 8
Jika diketahui atom fosfor yang ditulis: $^{32}_{15}P$, apa artinya?

Berdasarkan besarnya nomor atom dan kenaikan massa atom, Mendeleyev menyusun daftar urutan unsur-unsur. Unsur yang mempunyai sifat sama diletakkan pada lajur ke bawah. Susunan unsur-unsur berdasarkan kenaikan nomor atom ini disebut sistem berkala.
Coba kamu perhatikan tabel sistem periodik berikut ini. Unsur-unsur yang terdapat pada satu garis mendatar disebut *periode*, sedangkan dalam lajur vertikal disebut *golongan*.

Tabel Periodik

- Logam (unsur utama)
- Logam (transisi)
- Logam (transisi dalam)
- Metaloid
- bukan logam

Unsur Utama | Unsur Transisi | Unsur Utama

Periode	I A (1)	II A (2)	III B (3)	IV B (4)	V B (5)	VI B (6)	VII B (7)	VIII B (8)	VIII B (9)	VIII B (10)	I B (11)	II B (12)	III A (13)	IV A (14)	V A (15)	VI A (16)	VII A (17)	VIII A (18)
1	1 **H** 1.008																	2 **He** 4.003
2	3 **Li** 6.941	4 **Be** 9.012											5 **B** 10.81	6 **C** 12.01	7 **N** 14.01	8 **O** 16.00	9 **F** 19.00	10 **Ne** 20.18
3	11 **Na** 22.99	12 **Mg** 24.31											13 **Al** 26.98	14 **Si** 28.09	15 **P** 30.97	16 **S** 32.07	17 **Cl** 35.45	18 **Ar** 39.95
4	19 **K** 39.10	20 **Ca** 40.08	21 **Sc** 44.96	22 **Ti** 47.88	23 **V** 50.94	24 **Cr** 52.00	25 **Mn** 54.94	26 **Fe** 55.85	27 **Co** 58.93	28 **Ni** 58.69	29 **Cu** 63.55	30 **Zn** 65.39	31 **Ga** 69.72	32 **Ge** 72.61	33 **As** 74.92	34 **Se** 78.96	35 **Br** 79.90	36 **Kr** 83.80
5	37 **Rb** 85.47	38 **Sr** 87.62	39 **Y** 88.91	40 **Zr** 91.22	41 **Nb** 92.91	42 **Mo** 95.94	43 **Tc** (98)	44 **Ru** 101.1	45 **Rh** 102.9	46 **Pd** 106.4	47 **Ag** 107.9	48 **Cd** 112.4	49 **In** 114.8	50 **Sn** 118.7	51 **Sb** 121.8	52 **Te** 127.6	53 **I** 126.9	54 **Xe** 131.3
6	55 **Cs** 132.9	56 **Ba** 137.3	57 **La** 138.9	72 **Hf** 178.5	73 **Ta** 180.9	74 **W** 183.9	75 **Re** 186.2	76 **Os** 190.2	77 **Ir** 192.2	78 **Pt** 195.1	79 **Au** 197.0	80 **Hg** 200.6	81 **Tl** 204.4	82 **Pb** 207.2	83 **Bi** 209.0	84 **Po** (209)	85 **At** (210)	86 **Rn** (222)
7	87 **Fr** (223)	88 **Ra** (226)	89 **Ac** (227)	104 **Rf** (261)	105 **Db** (262)	106 **Sg** (266)	107 **Bh** (262)	108 **Hs** (265)	109 **Mt** (266)	110 (269)	111 (272)	112 (277)						

Unsur Transisi Dalam

6 Lontanida	58 **Ce** 140.1	59 **Pr** 140.9	60 **Nd** 144.2	61 **Pm** (145)	62 **Sm** 150.4	63 **Eu** 152.0	64 **Gd** 157.3	65 **Tb** 158.9	66 **Dy** 162.5	67 **Ho** 164.9	68 **Er** 167.3	69 **Tm** 168.9	70 **Yb** 173.0	71 **Lu** 175.0
7 Aktinida	90 **Th** 232.0	91 **Pa** (231)	92 **U** 238.0	93 **Np** (237)	94 **Pu** (242)	95 **Am** (243)	96 **Cm** (247)	97 **Bk** (247)	98 **Cf** (251)	99 **Es** (252)	100 **Fm** (257)	101 **Md** (258)	102 **No** (259)	103 **Lr** (260)

Gambar 10.7 Sistem Periodik
Sumber Gambar: www.ilkom.unsur.ac.id

Jika susunan elektron diuraikan maka periode menunjukkan jumlah kulit elektronnya, sedangkan golongan menunjukkan jumlah elektron pada kulit paling luar.

Contoh Soal 10.3

Unsur magnesium ditulis ${}^{24}_{12}Mg$
jumlah elektron = 12
konfigurasi elektronnya 2 8 2
unsur ini mempunyai 3 kulit elektron, berarti Mg terletak pada periode 3
jumlah elektron terluarnya 2 maka Mg termasuk golongan II A

Jika diketahui unsur bromium (Br) ditulis ${}^{80}_{35}Br$, berapakah jumlah elektronnya? Bagaimana konfigurasi elektronnya? Termasuk dalam periode dan golongan berapakah unsur tersebut? Ayo, kamu pasti bisa mengerjakannya. Perhatikan contoh di atas ya...

Golongan utama diberi nama golongan IA, IIA, IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA, dan VIIIA, sedangkan lajur antara lajur IIA dan IIIA disebut golongan IB, IIB, IIIB sampai golongan VIIB.

Pada sistem berkala berlaku ketentuan sebagai berikut.

- Dalam satu periode, semakin ke kanan sifat logamnya makin berkurang dan sifat nonlogamnya makin bertambah;
- dalam satu golongan, semakin ke bawah sifat logamnya makin bertambah dan sifat nonlogamnya makin berkurang.

Contoh Soal 10.4

Pada periode 3, unsur Na lebih bersifat logam dibandingkan P, unsur Cl lebih nonlogam dibandingkan Al. Bagaimana unsur Al dibandingkan B?

Suatu unsur yang sama sering ditemukan mempunyai nomor massa berbeda. Unsur-unsur yang mempunyai nomor atom sama, tetapi nomor massa berbeda disebut *isotop*. Sifat kimia dari unsur-unsur isotop adalah sama. Misalnya, hidrogen yang mempunyai 3 isotop, yaitu hidrogen ($^{1}_{1}H$), deuterium ($^{2}_{1}H$), dan tritium ($^{3}_{1}H$).

Isotop terbagi dua, yaitu isotop stabil dan isotop radioaktif. Isotop stabil adalah unsur-unsur yang tidak bersifat radioaktif, contohnya $^{64}_{30}Zn$, $^{67}_{30}Zn$, dan $^{70}_{30}Zn$ Isotop radioaktif adalah unsur-unsur yang bersifat radioaktif, contohnya $^{234}_{92}U$ dan $^{238}_{92}U$.

Unsur-unsur stabil sering berasal dari unsur radioaktif yang mengalami peluruhan, misalnya timah hitam stabil ($^{206}_{82}Pb$). Unsur tersebut stabil karena berasal dari peluruhan unsur radioaktif uranium ($^{238}_{92}U$) yang melalui proses peluruhan sangat lama.

Tabel berikut menampilkan isotop radioaktif dengan waktu paruh dan sinar radioaktif yang dipancarkan.

Tabel 10. 1 Tabel Isotop

Inti Semula	Jenis Pancaran	Inti Hasil	Waktu Paruh
$^{238}_{92}U$	**Alfa**	$^{234}_{90}Th$	4,5 x 10^{9} tahun
$^{234}_{92}U$	**Beta**	$^{234}_{91}Pa$	24,1 hari
$^{234}_{91}Pa$	**Beta**	$^{234}_{92}U$	1,14 menit
$^{234}_{92}U$	**Alfa**	$^{230}_{90}Th$	2,5 x 10^{5} tahun
$^{230}_{90}Th$	**Alfa**	$^{226}_{88}Ra$	8 x 10^{4} tahun
$^{226}_{88}Ra$	**Alfa**	$^{222}_{86}Rn$	1.622 tahun
$^{222}_{86}Rn$	**Alfa**	$^{218}_{84}Po$	3,82 hari
$^{218}_{84}Po$	**Alfa**	$^{214}_{82}Pb$	3 menit
$^{214}_{82}Pb$	**Beta**	$^{214}_{83}Bi$	26,8 menit

$^{214}_{83}Bi$	**Beta**	$^{214}_{84}Po$	19,7 menit
$^{214}_{84}Po$	**Alfa**	$^{210}_{82}Po$	1,6 x 10^{-4} detik
$^{210}_{82}Pb$	**Beta**	$^{210}_{83}Bi$	22 tahun
$^{214}_{83}Bi$	**Beta**	$^{210}_{84}Po$	5 hari
$^{210}_{84}Po$	**Alfa**	$^{206}_{82}Pb$	140 hari
$^{206}_{82}Pb$	**Stabil**	**-**	-

Waktu paruh (*half life*) adalah waktu yang diperlukan suatu unsur radioaktif untuk meluruh sehingga aktivitas radioaktifnya tinggal separuh dari aktivitas semula. Waktu paruh unsur radioaktif dapat digunakan untuk menentukan terbentuknya batu-batuan dan fosil.

Tokohku

Julius Robert Oppenheimer

Gambar 10.8 Julius Robert Oppenheimer
Sumber Gambar: http://www.nndb.com/people/808/000047667/oppenheimer.gif

Sumber: http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cg i

Julius Robert Oppenheimer lahir pada tanggal 22 April 1904 di New York, Amerika Serikat. Dia adalah lulusan dari Harvard university, Cambridge university, AS, dan Gottingen University, Jerman University sampai mendapat gelar Ph.D pada tahun 1925. Pada kurun waktu tahun 1928 – 1929, dia bekerja pada *International Education Board* (Lembaga Pendidikan International). Kemudian, dia menjadi guru besar (profesor) dalam bidang fisika di University of California dan California Institute of Technology selama kurang lebih 18 tahun. Pada kurun waktu tahun 1943 – 1945, Oppenheimer terlibat dalam proyek Manhattan untuk pembuatan bom atom yang pertama oleh Amerika Serikat.

Tahun 1966, Oppenheimer pensiun dari pekerjaannya. Dia menghabiskan tahun-tahun terakhirnya dengan mempelajari hubungan antara ilmu pengetahuan dan masyarakat. Oppenheimer meninggal dunia pada tanggal 18 Februari 1967 di Princeton, New Jersey, Amerika Serikat.

2. Ion

Elektron yang mengelilingi inti atom terus bergerak sambil berputar pada sumbunya. Akan tetapi, elektron dapat meninggalkan atom karena sesuatu hal, seperti pemanasan, medan listrik, dan medan magnet. Elektron yang keluar dari suatu atom dapat masuk ke atom lainnya. Akibatnya, atom yang kehilangan elektron akan menjadi atom yang bermuatan listrik positif karena jumlah proton menjadi

lebih besar daripada jumlah elektronnya, sedangkan atom yang kedatangan elektron menjadi atom bermuatan listrik negatif karena jumlah elektronnya melebihi jumlah protonnya.

Peristiwa terurainya suatu zat menjadi ion–ion disebut *ionisasi*. Hasil ionisasi disebut ion. Elektron yang dapat keluar atau masuk ke suatu atom adalah elektron yang berada di kulit terluar. Ionisasi atom hanya terjadi pada atom-atom yang jumlah elektron paling luarnya tidak sama dengan 8, 18, atau 32. Atom-atom yang jumlah elektronnya sama dengan bilangan-bilangan tersebut sangat sulit terionisasi sehingga disebut *unsur gas mulia*.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.chem-is-try.org/
http://id.wikipedia.org/wiki/Kimia - 86k

Jumlah elektron yang terlepas atau masuk tergantung pada jumlah elektron pada kulit terluar dengan ketentuan sebagai berikut.

- Jika jumlah elektron terluar kurang dari 4 elektron maka atom ini cenderung melepaskan elektron;
- jika jumlah elektron terluar antara 4 dan 8 maka atom ini cenderung menerima elektron;
- jumlah elektron yang diterima atau dilepaskan membuat jumlah elektron di kulit itu menjadi 8;
- jika jumlah elektron pada kulit terluar sama dengan 4 maka atom ini dapat melepas atau menerima elektron, tergantung dengan unsur apa atom itu berinteraksi;
- jika jumlah elektron pada kulit terluar sama dengan 8 maka atom itu sangat sukar melepas maupun menerima elektron.

Contoh Soal 10.5

a. Unsur natrium = ${}^{23}_{11}Na$
   Jumlah elektron = 11
   Konfigurasi elektronnya = 2 8 1
   Jika terionisasi, unsur ini melepaskan 1 elektron terluar
   Atom menjadi ion yang kekurangan 1 elektron sehingga menjadi ion natrium (Na^+).

b. Unsur klor = ${}^{35}_{17}Cl$,
   Jumlah elektronnya = 17
   Konfigurasi elektronnya = 2 8 7
   Unsur ini akan menarik 1 elektron (karena elektron terluarnya adalah 7 maka akan menarik 1 elektron agar menjadi 8 sehingga menjadi ion klor (Cl^-)

Secara umum, unsur logam lebih mudah melepaskan elektronnya dibanding unsur nonlogam. Ionisasi juga dapat terjadi pada zat elektrolit, seperti asam, basa, dan garam. Ada ion yang berupa partikel atom dan molekul.

Contoh Soal 10.6

1. Basa NaOH terurai menjadi ion Na^+ dan OH^-. Ion Na^+ berupa atom, sedangkan ion OH^- berupa molekul. Banyaknya ion OH^- sesuai dengan muatan ion logam yang terurai.
2. Unsur barium = ${}^{137}_{56}Ba$, susunan elektronnya 2 8 18 18 8 2. Jika terionisasi menjadi ion Ba^{2+}. Akibatnya, ion Ba^{2+} menjadi basa yang mengikat 2 ion OH^-. Rumus molekul basanya menjadi $Ba(OH)_2$.

3. Molekul

Gabungan dua atom atau lebih, baik atom sejenis maupun berbeda dapat bergabung membentuk molekul. Gabungan atom sejenis disebut molekul unsur. Contohnya, molekul oksigen terdiri dari dua atom oksigen.

Gambar 10.9 Atom Oksigen dan Molekul Oksigen

Ayo, sekarang coba kamu gambarkan, berapa buah atom fosfor untuk membentuk satu molekul fosfor?

Sebaliknya, gabungan atom tidak sejenis disebut molekul senyawa. Contohnya, molekul air (H_2O) terbentuk dari 2 atom hidrogen dan 1 atom oksigen

Gambar 10.10 Molekul Air

Ayo, coba kamu gambarkan molekul garam dapur (NaCl). Atom apa saja yang membentuk molekul tersebut?

Kilasan IPA

Spectrophotometer

Dikutip dari: http://sentrad.com/spectrophotometer.htm

***Spectrophotometer* dikembangkan untuk keperluan fisikawan dan kimiawan dalam mempelajari struktur molekul dan mengembangkan teori molekul. *Spectrophotometer* banyak digunakan untuk studi bahan, lingkungan, ataupun mengontrol suatu proses kimiawi dalam industri. *Amersham Bioscience* adalah perusahaan instrumentasi yang memfokuskan diri dalam pengembangan *spectrophotometer* untuk keperluan penelitian biologi molekuler. *Spectrophotometer* yang paling sederhana terdiri dari sumber cahaya, *monokromator* yang berfungsi sebagai penyeleksi cahaya dengan panjang gelombang tertentu, kompartemen sampel, detektor, dan pengukur intensitas cahaya. Kemampuan kerja *spectrophotometer* dapat dioptimalkan dengan mengintegrasikan sebuah mikroprosesor ke dalam sistem *spectrophotometer* tersebut.**

Refleksi Diri

Coba kamu jelaskan, bagaimana hubungan antara partikel, molekul, elektron, proton, dan neutron dari apa yang telah kamu pahami.

Uji Latih Diri 10.1

1. Apa persamaan dan perbedaan model atom J.J Thomson dengan Rutherford?
2. Apa perbedaan molekul unsur dengan molekul senyawa?

B. Atom, Ion, dan Molekul dalam Kehidupan Sehari-hari

Masih ingatkah kamu bahwa partikel materi dapat berbentuk atom, molekul, dan ion. Misalnya, ketika kamu membuat teh manis, satu sendok gula pasir yang kamu larutkan tersusun dari butiran-butiran kecil gula. Jika kamu aduk, butiran-butiran gula akan hilang. Partikel gula tersebar ke dalam air dengan ukuran yang sangat kecil sehingga tidak dapat disaring, bahkan mata kita pun tidak mampu melihatnya. Walaupun tidak terlihat oleh mata, sifat gula yang kamu larutkan tidak hilang. Teh yang kamu buat tentunya menjadi manis. Partikel terkecil dari gula yang masih mempunyai sifat sama dengan gula disebut molekul gula.

Terlihatkah olehmu butiran gula dalam gelas tersebut?

Gambar 10.11 Teh Manis
Sumber Gambar: http://thwonderes 79.file.com

1. Atom dalam kehidupan sehari-hari

Tahukah kamu bahwa semua benda yang ada dalam kehidupan sehari-hari mengandung atom? Bagaimana mengetahui adanya atom dalam kehidupan kita? Penasaran, kan? Mari kita lakukan kegiatan di bawah ini untuk menunjukkan adanya atom.

Kegiatan Ilmiah 10.1

Balon Bermuatan

Tujuan Menunjukkan bahwa atom memiliki kutub positif dan negatif.

Bahan dan Alat

Balon; kain/baju wol; tali.

Petunjuk Kerja

1. Tiup beberapa balon, kemudian ikat dengan tali.
2. Gosok balon-balon tersebut pada baju wol.
3. Lekatkan balon-balon itu pada langit-langit.
4. Amati yang terjadi.
5. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan kegiatan di atas, balon-balon akan melekat pada langit-langit ruangan selama beberapa jam. Pada awalnya, balon tidak bermuatan (netral). Akan tetapi, akibat gosokan pada baju wol, balon-balon menjadi bermuatan listrik. Itu artinya menyerap

bagian-bagian terkecil listrik negatif yang disebut elektron dari baju wol. Balon yang bermuatan itu melekat pada langit-langit ruangan karena muatan positif pada langit-langit ruangan. Elektron-elektron itu mengalir ke langit-langit ruangan sampai kedua muatan itu saling menetralkan. Gaya tarik antara muatan negatif dan positif ini mampu mengatasi gravitasi bumi sehingga balon menempel pada langit-langit. Karena langit-langit ruangan merupakan penghantar yang buruk, keadaan ini dapat berlangsung beberapa jam dalam udara di ruang yang kering.

Kegiatan Ilmiah 10.2

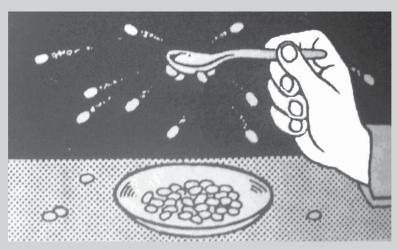
Pop corn yang Menari

Tujuan Menunjukkan bahwa atom memiliki kutub positif dan negatif.

Bahan dan Alat

Kertas tisu; balon; kain /baju wol; 1 sendok teh *pop corn* yang sudah matang.

Petunjuk Kerja

1. Letakkan tisu di atas meja.
2. Letakkan *pop corn* di atas kertas tisu.
3. Tiup balon dan ikat ujungnya.
4. Gosokkan balon beberapa kali ke baju wol.
5. Dekatkan balon ke *pop corn*, kemudian amati apa yang terjadi.

Gambar 10.12 Pop corn yang Menari
Sumber Gambar: Hans Jurgen Press

Jika suatu saat garam meja di rumah tercampur dengan bubuk merica, tahukah kamu bagaimana memisahkannya? Gunakan prinsip gaya tarik elektron, yaitu mula-mula ambil sendok teh/makan dari

bahan plastik. Kemudian, gosokkan pada kain wol beberapa saat. Lalu, dekatkan sendok di atas campuran tersebut. Tahukan kamu, apa yang akan terjadi? Bubuk merica akan melompat dan melekat pada sendok karena gosokan tadi sehingga sendok menjadi bermuatan listrik dan menarik campuran itu. Bubuk merica melompat terlebih dahulu karena lebih ringan daripada garam. Nah ... mudah, bukan?

Gambar 10.13 Memisahkan Garam Meja yang Bercampur dengan Bubuk Merica
Sumber Gambar: Hans Jurgen Press

Apakah kamu telah mengerti bahwa semua benda yang ada dalam kehidupan kita merupakan kumpulan dari berjuta-juta atom? Misalnya, udara yang dihirup setiap hari mengandung atom C, H, O, N yang beberapa diantaranya bergabung. Air yang diminum merupakan kumpulan atom-atom H dan O. Pakaian yang dikenakan jika ditelusuri lebih jauh merupakan kumpulan berjuta-juta atom juga. Pakaian tersusun dari serat selulosa yang mengandung atom C, H, dan O. Sekarang, coba pikirkan, apakah atom yang ada di sekitar kita berdiri sendiri ataukah bergabung dengan atom lain sehingga membentuk suatu benda?

Gambar 10.14 Air Minum terdiri dari Atom H dan O
Sumber Gambar: http://upload.wikimedia.org/ /Stilles_Mineralwasser.jpg/

2. Ion dalam kehidupan sehari-hari

Seperti halnya atom, ion juga merupakan hal yang abstrak dan tidak tampak oleh mata. Pernahkah kamu merasakan sakit perut dan ibumu memberikan obat urus-urus? Obat urus-urus yang dijual di apotek adalah serbuk $MgSO_4$ atau lebih dikenal dengan nama garam inggris. Jika garam inggris dilarutkan dalam air yang mempunyai rumus kimia H_2O maka terbentuk ion-ion. Tahukah kamu, ion apa sajakah itu? $MgSO_4$ akan mengion menjadi ion Mg^{2+} dan ion $SO\frac{2}{4}$. Selain garam inggris, garam dapur yang mempunyai rumus kimia NaCl membentuk ion Na^+ dan ion Cl^- jika dilarutkan dalam air.

$$NaCl + H_2O \rightarrow Na^+ + Cl^- + H^+ + OH^-$$

Apakah kamu pernah tersetrum listrik? Nah... jika tanganmu basah (mengandung air atau cairan lainnya) maka kamu sangat mudah tersetrum. Mengapa? Itu karena air mampu mengion menjadi ion H^+ dan OH^- sehingga mudah menghantarkan arus listrik ke tubuhmu. Oleh karena itu, jika tangan kita sedang basah, jangan coba-coba pegang stop kontak listrik karena sangat berbahaya.

Gambar 10.15 Garam Dapur dapat Membentuk Ion-ion dalam Air
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Gambar 10.16 Air dapat Menghantarkan Arus Listrik karena Mengion
Sumber Gambar : www.lmcni.com

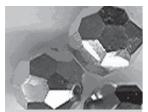
Gambar 10.17 Lambung memerlukan Ion untuk Membantu Metabolisme Makanan
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Tahukah kamu bahwa tubuh kita membutuhkan zat besi dalam bentuk ion? Salah satunya dalam pembentukan hemoglobin di mana bagian dari darah bertugas mengangkut oksigen. Jadi, jika tubuh kekurangan zat besi, bukan berarti kita bisa memenuhinya dengan menggigit pagar besi karena bukan besi dalam bentuk itu yang dibutuhkan. Hampir semua proses metabolisme dalam tubuh berlangsung dalam bentuk ion dan dengan bantuan ion. Untuk berlangsungnya transportasi zat antarorgan dibutuhkan ion-ion sebagai transportasi aktifnya, seperti ion Na^+ dan K^+.

Dalam batu baterai dan aki terjadi arus listrik karena adanya reaksi kimia. Larutan elektrolit yang digunakan mengalami ionisasi, akhirnya dapat menghantarkan arus listrik.

Gambar 10.18 Di Dalam Batu Baterai dan Aki Berlangsung Proses Ionisasi
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Gambar 10.19 Alat Uji Elektrolit
Sumber Gambar: www.universeofscience.com

Suatu larutan dapat mengalami ionisasi sempurna atau tidak dapat diselidiki dengan alat uji elektrolit. Jika ionisasi terjadi, ditandai lampu yang menyala (terang/redup) dan terbentuknya gelembung pada elektrode (batang logam yang dibenamkan dalam larutan).

Gambar 10.20 Bola Cenderamata yang dilapisi Emas
Sumber Gambar: www.oldforgehardware.com

Apakah kamu pernah mendengar istilah "penyepuhan"? Penyepuhan adalah peristiwa pelapisan permukaan suatu logam dengan logam lain melalui proses elektrolisis (penguraian suatu larutan elektrolit oleh arus listrik menjadi ion-ionnya). Sebagai contoh, penyepuhan logam tembaga dengan emas. Hal ini sering dilakukan terhadap piala-piala atau vandel penghargaan agar tampak lebih megah dan mewah.

Saat ini, produk minuman isotonik sering diiklankan di TV. Pernahkah kamu minum minuman isotonik? Dalam minuman tersebut terdapat berjuta-juta ion. Ion apa saja yang ada dalam minuman tersebut ? Itu tugas kamu untuk mencari dan mencatat ion-ion yang terdapat dalam minuman isotonik. Apakah ada manfaat minuman isotonik bagi tubuh kita? Ayo kita cari tahu lewat internet dan hasilnya buat dalam bentuk makalah.

Gambar 10.21 Minuman Isotonik Mengandung Ion-ion yang Diperlukan Tubuh
Sumber Gambar: Dokumentasi Pribadi

3. Molekul dalam kehidupan sehari-hari

Tahukah kamu, apa perbedaan unsur, molekul unsur, dan molekul senyawa pada gambar berikut ini?

unsur | molekul unsur | molekul senyawa

Gambar 10.22 Perbedaan molekul unsur dan molekul senyawa

Kita dapat menjumpai beberapa zat yang termasuk molekul unsur dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, gas oksigen (O_2), gas nitrogen (N_2), gas hidrogen (H_2), gas klorin (Cl_2), dan masih banyak lagi. Molekul senyawa juga banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, air yang dipakai sehari-hari (H_2O), gas karbon dioksida (CO_2) yang dikeluarkan oleh asap kendaraan bermotor, dan gas karbon monoksida (CO) yang terdapat dalam asap pembakaran yang tidak sempurna, amonia (NH_3) yang terkandung dalam urine, dan sebagainya. Mari kita lakukan kegiatan di bawah ini agar semakin paham tentang molekul.

Coba kamu cari rumus kimia molekul-molekul dari materi yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari di bawah ini. Kamu dapat mencari informasi tersebut melalui buku, ensiklopedia, maupun dengan menjelajahi internet.

No.	Materi	Rumus molekul
1.	Air	
2.	Gas karbon dioksida	
3.	Karbohidrat	
4.	Urine	
5.	Gas Oksigen	
6.	Garam dapur	
7.	Garam inggris	
8.	Asam lambung	
9.	Gas hidrogen	
10.	Gula pasir	

Unjuk Usaha

Tiruan Molekul

Tujuan Membuat tiruan molekul.

Bahan dan Alat

Tusuk gigi 3 buah;
plastisin.

Petunjuk Kerja

1. Buat bulatan-bulatan dengan ukuran sama (kira-kira sebesar ibu jari), tetapi berbeda warna dari plastisin yang tersedia sebanyak 8 buah.
2. Buat bulatan-bulatan dengan ukuran lebih kecil dari yang pertama dan berbeda warna dari plastisin sebanyak 10 buah.
3. Masukkan ujung tusuk gigi dalam plastisin yang besar, begitu juga ujung tusuk gigi yang satunya.
4. Ulangi langkah pertama dua kali menggunakan plastisin yang kecil.

Berdasarkan kegiatan di atas, satu bulatan plastisin mewakili atom. Pada percobaan ini, plastisin yang besar mewakili jenis atom yang berbeda dari plastisin kecil. Tiruan plastisin ini mewakili molekul, yaitu bahan yang terbuat dari dua atau lebih atom. Atom-atom pada molekul dihubungkan oleh ikatan-ikatan atau tenaga-tenaga yang menghubungkan atom-atom satu sama lain yang diwakili tusuk gigi. Selain dengan kegiatan di atas, kamu dapat melakukan kegiatan di bawah ini untuk memahami gerakan molekul.

Tugas Proyek

Gerakan Tak Terlihat

Tujuan Mengamati pengaruh dari gerakan molekul.
Bahan dan Alat Zat pewarna makanan yang berwarna gelap; stoples tinggi (1½ L).

Petunjuk Kerja

1. Isi stoples dengan air sebanyak ± 1¼ L. Kemudian, taruh di tempat yang terlindung selama 24 jam.
2. Tambahkan zat pewarna makanan sebanyak 3 tetes. Amati dan catat perubahan yang terjadi ketika itu.
3. Amati dan catat perubahan yang terjadi setelah 24 jam. Cari informasi dari berbagai sumber yang dapat menjelaskan peristiwa tersebut.
4. Apa yang dapat kamu disimpulkan dari tugas proyek tersebut?

Kegiatan Ilmiah 10.3

Sulap Pesan Rahasia

Tujuan Mengamati pengaruh dari gerakan molekul.
Bahan dan Alat Kertas putih biasa sebanyak dua lembar; gunting; botol semprot berisi larutan kanji; larutan iodium tentir (jangan sampai larutan iodium tentir mengenai tangan karena bisa mengotori tangan) sebanyak dua sendok teh; air sebanyak satu cangkir; botol semprot kosong.

Petunjuk Kerja

1. Buat huruf-huruf yang membentuk suatu kata dengan kertas putih, lalu gunting. Misalnya, kata "I LOVE MOM".
2. Susun huruf-huruf tersebut di atas kertas putih lainnya.
3. Semprot lembaran kertas dan huruf dengan larutan kanji.
4. Ambil potongan-potongan huruf. Biarkan dasar kertas mengering. Ini memerlukan waktu kira-kira 15 menit tergantung jumlah semprotan kanji yang kamu gunakan.

Pesan: seharusnya tak terlihat.

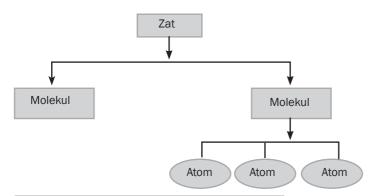
5. Campurkan iodium tentir dengan air dalam botol semprot. Kocok botol untuk mencampur larutan tersebut.
6. Semprotkan larutan tersebut pada kertas
7. Amati yang terjadi

Larutan kanji yang disemprotkan di atas huruf-huruf dan kertas tersusun atas molekul-molekul gula yang saling berikatan dalam sebuah rantai panjang. Iodium yang digunakan untuk membuat pesan muncul adalah unsur yang tersusun atas molekul-molekul iodium. Ketika larutan iodium mengenai bagian kertas yang telah tersemprot larutan kanji, reaksi kimia terjadi. Molekul-molekul gula dan iodium bercampur membentuk molekul-molekul larutan kanji-iodium yang berwarna ungu. Mengapa bagian kertas di bawah huruf-huruf tersebut tidak berubah warna?

Tahukah kamu bahwa sabun bisa merusak tegangan permukaan air? Ketika kamu menyentuhkan sabun ke air, sebagian sabun larut dan bercampur dengan air. Molekul-molekul sabun berada di antara molekul-molekul air dan mengurangi gaya tarik antara molekul-molekul air. Tegangan pada sebagian permukaan air menarik merica yang mengapung ke pinggiran loyang, menjauhi sabun.

Molekul-molekul yang bergabung pada akhirnya akan membentuk benda. Jadi, molekul adalah bagian terkecil dari zat yang masih mempunyai sifat-sifat yang sama dengan zatnya. Karena molekul adalah pembawa sifat maka jika susunan atom dalam molekul berubah, sifat zatnya juga berubah. Sekarang coba kamu jelaskan bahwa perubahan sifat materi (zat) disebabkan perubahan susunan atom dan molekulnya.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
e-dukasi.net/mol/mo_full.oid=101&fname=kb2_3.htm - 36k
id.wikipedia.org/wiki/Atom

Gambar 10.24 Hubungan Zat, Molekul, dan Atom

Rangkuman

Partikel penyusun materi dapat berbentuk atom, ion, dan molekul. Atom adalah bagian terkecil dari suatu unsur yang masih memiliki sifat unsur tersebut. Ukuran atom sangat kecil, jari-jari atomnya 10^{-8} cm dan jari-jari inti atom 10^{-13} cm.

Partikel dasar penyusun atom ada tiga, yaitu elektron (J.J Thomson), proton (Goldstein), dan neutron (James Chadwick). Elektron bermuatan negatif, proton bermuatan positif, dan neutron tidak bermuatan (netral). Atom hanya dapat menangkap dan melepaskan elektron bukan proton sehingga jika suatu atom berubah menjadi ion positif bukan berarti atom tersebut menangkap proton, melainkan melepaskan elektron.

Ion adalah partikel-partikel atom atau gugusan atom yang bermuatan listrik. Ion ada dua, yaitu kation (ion positif) dan anion (ion negatif). Molekul adalah gabungan beberapa atom dari beberapa unsur yang membentuk senyawa. Molekul yang terdiri dari atom-atom sejenis disebut molekul unsur, sedangkan molekul yang terdiri atas atom-atom yang berbeda jenis disebut molekul senyawa.

Evaluasi Diri 10

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Diketahui suatu partikel zat, yaitu
   1) merupakan partikel terkecil;
   2) termasuk zat tunggal;
   3) biasanya merupakan senyawa;
   4) masih bersifat sama dengan zat asalnya.

   Partikel tersebut adalah ....
   a. atom
   b. molekul
   c. unsur
   d. campuran

2. Elektron berputar pada sumbunya sambil mengitari inti atom pada orbit sendiri-sendiri. Ini adalah bentuk atom menurut ....
   a. John Dalton
   b. J. J. Thomson
   c. E. Rutherford
   d. Niels Bohr

3. Jika suatu atom memiliki 3 orbit elektron dengan jumlah elektron pada orbit terluar sebanyak 5 elektron. Nomor atom unsur itu adalah ....
   a. 15
   b. 10
   c. 8
   d. 7

4. Nomor massa suatu atom adalah banyaknya ....
   a elektron dalam inti atom
   b. proton dalam inti atom
   c. neutron dalam inti atom
   d. proton dan neutron dalam inti atom

5. Suatu unsur mempunyai nomor atom = 16. Unsur tersebut terletak pada golongan dan periode ....
   a. IVA, 3
   b. IIIA, 6
   c. VA, 2
   d. IIIA, 5

6. Pada golongan IIA, unsur barium terletak lebih bawah dibandingkan unsur magnesium. Hal ini berarti ....
   a. barium lebih bersifat logam dibanding magnesium
   b. magnesium lebih bersifat logam dibanding barium
   c. barium lebih radioaktif dibanding magnesium
   d. magnesium lebih radioaktif dibanding barium

7. Suatu unsur termasuk periode 3 dan golongan II. Nomor atom unsur tersebut adalah ....
   a. 5
   b. 6
   c. 10
   d. 12

8. Perpindahan elektron dari satu kulit ke kulit lainnya dalam sebuah atom dinamakan ....
   a. mutasi
   b. radiasi
   c. eksitasi
   d. permutasi

9. Unsur-unsur *aktinida* termasuk pada periode ....
   a. 7
   b. 6
   c. 5
   d. 4

10. Dalam dua molekul senyawa $Fe_2(SO_4)_3$ mengandung ....
   a. 2 atom Fe, 1 atom S, 12 atom O
   b. 4 atom Fe, 2 atom S, 24 atom O
   c. 2 atom Fe, 3 atom S, 12 atom O
   d. 4 atom Fe, 6 atom S, 24 atom O

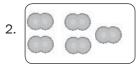
11. Atom atau kumpulan atom yang bermuatan listrik disebut ....
   a. elektron
   b. ion
   c. neutron
   d. proton

12. Perbedaan molekul senyawa dengan molekul unsur adalah molekul senyawa ....
   a. tersusun oleh atom yang lebih banyak jumlahnya
   b. berukuran lebih besar
   c. tersusun oleh dua atau lebih atom sejenis
   d. tersusun oleh atom-atom yang tidak sejenis

13. Materi yang tersusun oleh molekul unsur adalah ....
    a. gas karbon dioksida
    b. gas oksigen
    c. amonia
    d. akuades
14. Perhatikan gambar berikut ini.

1.

3.

2.

    Gambar A, B, C berturut-turut merupakan penggambaran dari ....
    a. atom, molekul unsur, campuran
    b. atom, molekul senyawa, molekul unsur
    c. molekul unsur, molekul senyawa, campuran
    d. atom, molekul unsur, molekul senyawa
15. Berikut ini adalah molekul yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, *kecuali* ....
    a. H_2SO_4
    b. NaClO
    c. $MgCl_2$
    d. NaOH

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Ion apa sajakah yang penting bagi berlangsungnya metabolisme dalam tubuh? Apakah kegunaannya?
2. Apa pengertian dari $2H_2SO_4$, $3CO(NH_2)_2$, $4\ Ba(OH)_2$?
3. Manakah yang merupakan molekul unsur dan molekul senyawa pada gambar berikut ini?

a.

e.

b.

f.

c.

g.

d.

h.

BAB XI

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

1. mengelompokkan bahan kimia dari kemasan yang digunakan sebagai pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi serangga;
2. menyelidiki pengaruh penggunaan bahan kimia yang digunakan sebagai pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi serangga;
3. menjelaskan efek samping penggunaan dan pencegahan bahan pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi serangga;
4. menyebutkan bahan-bahan kimia di bidang industri;
5. menjelaskan cara pembuatan dan jenis bahan kimia di bidang industri;
6. menyebutkan bahan-bahan kimia yang digunakan di bidang pertanian;
7. menyelidiki pengaruh bahan kimia di bidang pertanian;
8. menyebutkan pengaruh bahan kimia di bidang kesehatan.

BAHAN KIMIA DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI

Peta Konsep

Gambar 11.1 **Penyemprotan Pestisida**
Sumber Gambar: Wordpress.com

Tahukah kamu bahwa kehidupan kita sehari-hari bersinggungan dengan bahan kimia? Misalnya, penyemprotan hama tumbuhan seperti gambar di atas menggunakan bahan kimia. Bahan kimia yang digunakan dapat berpengaruh positif dan negatif. Mau tahu tentang bahan kimia lainnya dan pengaruhnya dalam kehidupan kita sehari-hari? Mari kita bahas pada bab ini.

A. Bahan Kimia Rumah Tangga

Di dalam rumah tangga, penggunaan bahan kimia banyak digunakan dan sering kali tanpa disadari. Bahan kimia rumah tangga secara umum dikelompokkan sebagai bahan pembersih, bahan pemutih, bahan pewangi, dan bahan pembasmi serangga.

Kata-Kata Kunci *(Key Words)*

bahan pemantap
bahan pengering
bahan pengisi
cat
DDT
detergen
disinfektan
dosis
duroplastik
fungisida
gerabah
hujan asam
insektisida
kaca
keramik
kertas
over dosis
pestisida
plastik
poliadisi
polikondensasi
porselen

1. Bahan pembersih

Banyak jenis bahan pembersih yang digunakan dalam rumah tangga, seperti pembersih pakaian, tubuh, lantai, dan kendaraan. Pembersih apakah yang digunakan di rumahmu?

a. Sabun

Sabun pada rumah tangga secara garis besar digunakan untuk mencuci dan mandi. Banyak jenis sabun yang beredar di masyarakat baik dari bentuk maupun mereknya. Sabun mandi merek apa yang kamu gunakan? Mengapa kamu memilih sabun tersebut?

Gambar 11.2 Contoh Sabun Cuci dan Detergen
Sumber Gambar: www.madeinchina;Dokumentasi Penerbit

Kilasan IPA

Sabun

Dikutip dari intisari online www.indomedia.com/intisari/juli2000

Tak ada catatan pasti, kapan nenek moyang kita mulai bersabun. Konon, tahun 600 SM, masyarakat Funisia di mulut sungai Rhone telah membuat sabun dari lemak kambing dan abu kayu khusus. Pliny (23 – 79) menyebut sabun dalam Historia Naturalis sebagai bahan cat rambut dan salep dari lemak dan abu pohon beech yang dipakai masyarakat di Goul, Prancis. Artinya, tahun 100 masyarakat Goul sudah memakai sabun keras. Di masa itu, sabun lebih sebagai obat. Baru akhir-akhir ini dipakai sebagai pembersih seperti yang dikatakan Galen, ilmuwan Yunani di abad II.

Tahun 700-an, pembuatan sabun mulai dianggap seni di Italia. Seabad kemudian muncul bangsa Spayol sebagai pembuat sabun terkemuka di Eropa.

Tahun 1200-an Inggris baru memproduksi sabun.

Akhir tahun 1700-an, Nicolas Leblanc, kimiawan Prancis menemukan larutan alkali yang dapat dibuat dari garam meja biasa. Hasilnya, sabun pun makin mudah dibuat.

Industri sabun di Amerika Utara lahir tahun 1800an. Baru pada abad XIX sabun menjadi barang biasa.

1) Sabun cuci dan detergen

Tahukah kamu bahan baku pembuatan sabun cuci? Pembuatan sabun cuci menggunakan minyak kelapa atau minyak sawit, lemak hewan, dan natrium hidroksida (NaOH) sebagai bahan utamanya. Kemudian, ditambahkan dengan bahan pewarna

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
id.wikipedia.org/wiki/Kategori:Bahan_kimia_rumah_tangga - 13k; www.kimianet.lipi.go.id

dan pewangi, seperti minyak sereh, parfum lavender, dan jeruk nipis. Samakah bahan utama sabun pencuci pakaian dengan pencuci piring?

Bahan pembuat detergen biasanya menggunakan natrium hidroksida dan benzena sulfanat sebagai pengganti minyak kelapa. Kemudian, campuran ini ditambahkan natrium karbonat, natrium silikat, pewarna, dan pewangi. Hasilnya, berbentuk pasta (sabun colek), sedangkan butiran–butiran kecil pada detergen didapat dengan mengeringkan pasta, lalu ditiup dengan menggunakan alat.

Tidak hanya pakaian dan piring yang mempunyai sabun pencuci, kendaraan juga mempunyai sabun pencuci khusus yang menghasilkan sedikit busa dan mengandung zat yang mengilapkan kendaraan. Mengapa detergen pakaian kurang baik untuk mencuci kendaraan?

Gambar 11.3 Contoh Sabun Cuci Kendaraan
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

2) Sabun mandi
Sabun mandi mempunyai bahan yang sama dengan sabun cuci, tetapi natrium hidroksida (NaOH) diganti dengan kalium hidroksida (KOH) karena sifat kalium hidroksida lebih lunak terhadap kulit. Kemudian, bahan tersebut ditambahkan zat pewarna, aroma pewangi atau terapi, dan zat pelembab (*mouisturizer*).

Sabun mandi dapat dibagi menjadi sabun mandi buat tubuh dan sabun pembersih muka. Sabun pembersih muka sering ditambahkan zat antijerawat, madu, dan zat pelembab yang lebih banyak untuk menghindari kulit kering pada wajah. Apakah kamu menggunakan sabun pembersih muka?

Gambar 11.4 Contoh Sabun Mandi
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Gambar 11.5 Contoh Sabun Pembersih Muka
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Unjuk Usaha

Pembuatan Sabun Mandi

Tujuan Membuat sabun mandi.

Alat dan Bahan Minyak kelapa atau minyak sawit 70 g; natrium hidroksida (NaOH) 30 g; akuades 100 mL; minyak sereh 10 mL; parfum lavender atau aroma lain sesuai keinginan.
Termometer; pemanas spritus dan kaki tiga; *beaker glass* atau kaleng bekas susu; timbangan.

Petunjuk Kerja

1. Larutkan 30 g NaOH ke dalam akuades.
2. Tuang minyak kelapa ke dalam *beaker glass* atau kaleng bekas susu.
3. Panaskan gelas berisi minyak dengan pemanas spiritus.
4. Setelah suhu minyak 70°C, tuang larutan natrium hidroksida ke dalam gelas. Aduk-aduk terus dengan suhu tetap. Perhatikan campuran hingga berwarna putih buram.
5. Tambahkan minyak sereh atau parfum lavender ke dalam campuran itu dan aduk terus.
6. Matikan api, kemudian tuang adonan ke cetakan atau cawan lebar.

Bahan Diskusi

1. Apa yang terjadi selama kegiatan?
2. Adakah perubahan warna, bau, dan bentuk zat pada peristiwa itu?
3. Apa yang dapat kamu simpulkan?

b. Pasta gigi

Bahan utama pasta gigi adalah potasium hidroksida atau kalium hidroksida (KOH), natrium karbonat sebagai pengawet, gliserin sebagai pengganti minyak kelapa, dan tepung talk untuk membuat padat. Pada campuran tersebut ditambahkan minyak permen atau mentol dan gula pasir. Kemudian, ditambahkan fluor dan sering dilengkapi dengan CaGP (*Calsium Glyserophosphate*) serta *Sodium Monofluorophosphate.*

Gambar 11.6 Contoh Pasta Gigi
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Tugas Proyek

Pembuatan Pasta Gigi

Tujuan Membuat pasta gigi.

Alat dan Bahan

Bahan

Tepung *talk* 200 g; soda kue (KOH) 100g; natrium karbonat ($NaCO_3$) 100 g; gula pasir (2 sendok makan); gliserin 150 mL; minyak permen 12 mL.

Alat

Beaker glass atau mangkok; sendok atau pengaduk; timbangan.

Petunjuk Kerja

1. Masukkan tepung *talk*, soda kue, natrium karbonat, gula pasir, dan gliserin ke dalam beaker *glass* atau mangkok. Kemudian, aduk sampai merata dan kental.
2. Setelah rata dan kental, masukkan minyak permen dan aduk-aduk lagi hingga rata.
3. Pasta gigi sudah terbentuk.

Bahan Diskusi

1. Apa yang terjadi selama kegiatan?
2. Adakah perubahan warna, bau, dan bentuk zat pada peristiwa itu?
3. Apa yang dapat kamu simpulkan dari kegiatan di atas?

Gambar 11.7 Contoh Pembersih Lantai
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

c. Pembersih lantai

Bahan utama perbersih lantai adalah bahan yang bersifat disinfektan atau pembasmi hama, terutama bakteri *patogen*, spora jamur, dan bakteri lain yang sering terdapat di lantai rumah kita. Bahan utama yang banyak digunakan untuk pembersih lantai adalah karbol, selain isopropanol, kresol, dan formaldehid. Kemudian, diberi tambahan bahan pembersih (sabun), pewangi, dan pewarna.

Zat disinfektan atau pembunuh kuman penyakit diantaranya adalah benzalkonium klorida. Air merupakan bahan terbanyak untuk bahan pembersih lantai. Ketika akan dipakai, disinfektan harus diencerkan dengan menambahkan air secukupnya. Disinfektan apa yang digunakan di rumahmu?

Gambar 11.8 Contoh Sampo
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

d. Sampo

Bahan pembuatan sampo adalah bahan pembuat sabun mandi yang biasanya ditambahkan dengan bahan–bahan alami, seperti urang-aring untuk menghitamkan rambut, lidah buaya untuk menyuburkan rambut, dan sari jeruk nipis untuk menghindari gatal–gatal pada kulit kepala.

2. Bahan pemutih

Berdasarkan jenis penggunaannya dalam kehidupan sehari–hari, bahan pemutih dibedakan menjadi bahan untuk memutihkan pakaian, makanan, dan kulit tubuh manusia.

Gambar 11.9 Pemutih Pakaian
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

a. Bahan pemutih pakaian

Bahan pemutih untuk pakaian adalah senyawa klorin. Senyawa ini dapat mengoksidasi zat warna yang melekat pada pakaian sehingga pakaian menjadi putih. Peristiwa ini disebut juga mengelantang.

b. Bahan pemutih kulit

Bahan pemutih untuk kulit tubuh manusia biasanya digunakan para wanita agar kulitnya kelihatan lebih putih. Bahan pemutih untuk kulit sangat berbeda dengan bahan pemutih pakaian. Aluminium sterat merupakan salah satu contoh bahan pemutih kulit.

Gambar 11.10 Pemutih Kulit Tubuh Manusia
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

c. Bahan pemutih makanan

Bahan pemutih untuk makanan biasanya digunakan untuk memutihkan terigu, tepung sagu, tepung jagung, dan beras agar makanan yang dihasilkan kelihatan bersih dan tidak kusam warnanya.

Beberapa contoh bahan pemutih makanan, yaitu benzoil peroksida, kalium bromat, kalsium iodat, dan asam askorbat. Bahan pemutih makanan ini akan mengoksidasi pigmen karotenoid pada makanan sehingga makanan menjadi putih.

Fungsi bahan pemutih makanan adalah mengoksidasi gugus sulfhibrid dalam gluten (protein pada tepung) menjadi ikatan disulfida. Ikatan ini bersifat menahan gas pada roti atau kue sehingga roti atau kue mengembang dan berongga-rongga.

3. Bahan pewangi

Beberapa bahan pewangi dikelompokkan sesuai dengan jenis penggunaannya. Akan tetapi, pada dasarnya semua mempunyai bahan baku utama yang sama, yaitu bahan pewangi. Bahan pewangi yang digunakan dapat berasal dari alam dan bahan kimia (buatan). Pewangi alam biasanya berasal dari penyulingan bunga-bungaan, seperti parfum lemon, *rose*, dan lavender.

Gambar 11.11 Contoh Pewangi Ruangan
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

a. Pewangi ruangan

Untuk mewangikan ruangan digunakan pewangi ruangan. Cara pembuatannya, yaitu mencampurkan bahan pewangi (baik dari alam maupun buatan) dengan air. Kemudian, dimasukkan ke dalam tabung tertutup yang diberi udara bertekanan tinggi. Jika katup penutup dibuka maka udara bertekanan tinggi itu akan keluar sambil membawa larutan pewangi tersebut.

b. Pewangi pakaian

Pada pewangi pakaian, bahan pewangi dicampur air dan bahan pelembut pakaian sehingga membentuk larutan kental. Samakah bahan pewangi pakaian untuk mencuci dengan menyetrika?

Gambar 11.12 Contoh Pewangi Pakaian
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

4. Pembasmi serangga

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering diganggu oleh nyamuk, kecoa, lalat, kutu rambut, atau serangga lainnya. Tanaman juga sering terkena hama tanaman yang berwujud serangga atau insekta. Insektisida sering digunakan untuk membasmi serangga pengganggu tersebut.

Insektisida atau pestisida adalah zat kimia untuk membunuh insekta atau serangga. Jika insektisida itu membunuh larva serangganya maka disebut larvasida. Insektisida dapat berwujud cair, pasta, atau padat. Insektisida digunakan dengan cara disemprotkan, dibakar, dioleskan, dilarutkan, kemudian dialirkan dan dilumurkan.

Bahan utama insektisida yang banyak digunakan terutama untuk membasmi nyamuk adalah *Dichloro Diphenyl Trichloroethana* atau DDT. Bahan lain yang juga banyak digunakan untuk membasmi serangga di antaranya *allethrin, carboryl, chlordane, diazinon,* dan *transflutrin.*

Insektisida pada umumnya langsung membunuh serangganya, tetapi ada juga insektisida yang memutus daur hidup serangga itu dengan cara membunuh larva atau telur-telurnya.

Gambar 11.13 Pembasmi Serangga
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Uji Latih Diri 11.1

1. Bahan kimia apa saja yang digunakan di rumahmu?
2. Apa persamaan dan perbedaan antara sabun cuci dengan sabun mandi?
3. Apa fungsi senyawa natrium karbonat dalam pasta gigi?

B. Pengaruh Penggunaan Bahan Kimia Rumah Tangga

Penggunaan bahan kimia baik langsung maupun tidak langsung pada rumah tangga akan menimbulkan pengaruh terhadap proses kehidupan manusia dan lingkungannya baik secara fisik maupun nonfisik. Oleh karena itu, kita harus mengetahui pengaruh–pengaruh apa saja yang timbul akibat penggunaan bahan kimia dalam rumah tangga dan bagaimana cara mencegah pengaruh negatif dari bahan kimia tersebut.

1. Bahan pembersih

Gambar 11.14 Busa Sabun
Sumber Gambar: www.directhygienesupplies.com

Bahan pembersih rumah tangga seperti sabun dan detergen menghasilkan busa yang dapat menambah tegangan permukaan air. Detergen menghasilkan busa lebih banyak dan lebih bersih ketika digunakan untuk mencuci. Sisa buangan ini tidak dapat segera diproses sehingga busanya tetap terapung dalam air buangan. Busa sabun dalam bentuk misel akan mengikat kotoran. Setelah jenuh, bersama kotoran akan mengendap sehingga air menjadi hitam. Hitamnya air dan terapungnya busa yang tidak diolah akan menimbulkan pencemaran air yang mengganggu kehidupan makhluk hidup sehari–hari.

Sabun dan bahan pencuci biasanya menimbulkan rasa tidak enak, kasar, dan kesan terbakar pada kulit. Selain sabun dan detergen, pembersih lantai juga menyebabkan pengaruh negatif, seperti keracunan, polusi tanah, dan udara serta membunuh bakteri yang tidak berbahaya (bakteri yang diperlukan untuk kehidupan manusia).

Di samping pengaruh negatif, bahan pembersih dapat menimbulkan pengaruh positif, seperti membersihkan, mewangikan, membunuh bakteri dan jamur terutama kuman–kuman penyakit dan bakteri yang berbahaya.

2. Bahan pemutih

Penggunaan bahan pemutih harus sesuai pada ambang batasnya agar tidak berbahaya jika digunakan oleh manusia. Penggunaan bahan pemutih yang berlebihan dapat mengakibatkan racun, terbakar, dan merusak benang–benang pakaian. Pemutih kulit yang digunakan tanpa mengikuti aturan dapat membuat kulit terbakar, semakin tipis, dan mudah terinfeksi bakteri berbahaya yang mengakibatkan timbul bercak merah atau noda hitam pada kulit. Pemutih makanan yang digunakan berlebihan akan menyebabkan rusaknya makanan.

3. Bahan pewangi

Secara umum tidak ada efek pemakaian pewangi, tetapi penggunaan yang berlebihan atau tanpa mengikuti aturan yang ditentukan akan merusak pakaian dan berbahaya jika terminum atau terkena mata dikarenakan bersifat racun.

4. Bahan pembasmi serangga

Efek negatif penggunaan pembasmi serangga jika digunakan secara berlebihan, tidak sesuai dengan aturan yang telah ditentukan, dan terus menerus dapat menimbulkan endapan zat kimia pada ruangan tersebut yang dapat meracuni tubuh, gangguan sistem pernapasan, pencernaan manusia serta dapat menyebabkan serangga yang bersangkutan menjadi kebal (imun) terhadap pembasmi serangga tersebut.

Keracunan akibat bahan kimia rumah tangga seperti cairan pembersih, pemutih, pewangi, kosmetika, maupun pestisida sering terjadi terutama pada anak–anak. Gejala yang muncul tergantung pada racun yang mereka telan, seperti muntah–muntah, keluhan sakit perut, kejang-kejang, tidak sadar/pingsan, mengantuk berlebihan, dan perubahan warna di sekitar mulut.

Jika mendapatkan hal–hal seperti di atas maka tindakan yang dilakukan, yaitu

a. periksa pernapasannya;
b. jika masih bernapas, letakkan pada posisi yang benar;
c. jika melihat perubahan warna di sekitar mulut anak atau ada tanda–tanda anak menelan bahan atau produk kimia tertentu, cuci kulit atau bibirnya dengan air, jika anak dalam keadaan sadar, beri minum air putih atau susu;
d. bawa ke dokter untuk pemeriksaan lebih lanjut.

Agar tidak mengalami keracunan, perlu mengupayakan tindakan pencegahan seperti berikut ini.

a. Jelaskan tentang kegunaan dan bahaya bahan kimia tersebut;
b. simpan bahan kimia tersebut di luar jangkauan, terutama anak–anak;
c. memperhatikan cara penggunaannya yang tertera pada kemasan.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
id.wikipedia.org/wiki/Hidrogen_peroksida - 18k
ms.wikipedia.org/wiki/Detergen

Uji Latih Diri 11.2

1. Mengapa detergen tidak boleh dicampurkan pada pemutih?
2. Bagaimana pencegahan dampak negatif penggunaan bahan-bahan kimia rumah tangga?

C. Bahan Kimia di Bidang Industri

Banyak sekali bahan kimia yang digunakan dalam bidang industri, baik sebagai bahan baku, bahan pengolah, maupun bahan pembantu (tambahan). Bahan ini digunakan untuk keperluan sehari-hari, misalnya cat. Hampir semua barang di sekitar kita menggunakan cat. Tembok rumah, pintu, jendela, meja, kursi, mobil, sepeda, sepeda motor, bahkan alat-alat dapur umumnya dilapisi cat.

Pakaian yang dipakai berasal dari kapas atau rami yang diproses pabrik tekstil menggunakan bahan kimia menjadi bahan pakaian jadi (tekstil) dengan warna yang indah. Kertas digunakan untuk keperluan sekolah dan kantor. Bahan baku kertas berasal dari tumbuh-tumbuhan yang diproses dengan bahan kimia. Plastik, keramik, dan kaca juga merupakan barang-barang industri di sekitar kita yang diproses dengan bahan kimia.

1. Cat

Gambar 11.15 Cat
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Cat merupakan cairan berwarna yang dioleskan pada permukaan suatu benda. Setelah mengering akan menjadi lapisan yang memberikan keindahan dan perlindungan. Cat pertama kali dibuat oleh orang mesir kuno untuk melukis kuburan di mesir pada 2000 tahun sebelum Masehi.

Cat dibuat dengan bahan-bahan kimia tertentu. Untuk lebih mengenal bahan-bahan kimia dalam cat, mari kita lakukan kegiatan berikut.

Kegiatan Ilmiah 11.1

Kandungan Bahan Kimia dalam Cat

Tujuan Mengetahui bahan-bahan kimia dalam cat.

Alat dan Bahan Beberapa jenis cat; buku-buku tentang cat di perpustakaan; brosur atau sumber informasi lainnya.

Petunjuk Kerja

1. Ambil kemasan beberapa jenis cat.
2. Baca jenis, kegunaan, dan bahan-bahan yang terkandung di dalam cat tersebut.
3. Buat penggolongan jenis cat berdasarkan hasil pengamatanmu.
4. Cari informasi dari buku-buku, brosur, atau hasil dari wawancara dengan orang yang mengetahui tentang bahan-bahan dalam cat.

Bahan Diskusi

1. Ada berapa jenis cat yang kamu temukan?
2. Apa kegunaan dan keistimewaan tiap jenis cat?
3. Apa bahan utama pembuatan cat?
4. Bahan-bahan pendukung apa saja yang digunakan dalam pembuatan cat?
5. Apakah fungsi bahan-bahan lain tersebut?

2. Plastik

Plastik terbentuk dari molekul-molekul kecil yang digabungkan menjadi molekul yang besar (makromolekul). Secara umum, plastik mempunyai sifat yang menguntungkan dan merugikan.

Adapun sifat yang menguntungkan, yaitu

a. mempunyai massa jenis kecil sehingga bobotnya ringan;
b. tahan terhadap bahan kimia;
c. isolator listrik dan panas yang baik;
d. mudah dibentuk;
e. dapat diberi warna;
f. permukaannya padat dan halus;
g. murah biaya pembuatannya.

Plastik juga mempunyai sifat yang merugikan, yaitu

a. kurang kuat dibanding logam;
b. mudah mengalami pemuaian jika terkena panas;
c. tidak keras dan tidak tahan goresan;
d. mudah terbakar;
e. dapat bermuatan listrik sehingga mudah berdebu.

Gambar 11.16 Alat dan Bahan dari Plastik
Sumber Gambar: www.ptsmupasuruan.indonetwork.co.id

Polimerisasi adalah pembuatan plastik dengan cara pembentukan rantai polimer organik yang panjang dan berulang dengan menggabungkan molekul-molekul hidrokarbon menjadi molekul yang besar. Contoh polimerisasi, penggabungan molekul-molekul etena atau etilen menjadi polietilen dan penggabungan molekul-molekul propena atau propilen menghasilkan plastik-plastik polipropilen. Plastik yang dihasilkan biasanya mudah dibentuk dalam keadaan panas sehingga disebut termoplastik atau plastomer. Contohnya, PVC dan lak.

Pembuatan plastik dengan polimerisasi dibagi 2 cara, yaitu

a. Polimerisasi kondensasi

Cara ini dilakukan dengan menggabungkan molekul-molekul hidrokarbon yang kecil. Kemudian, air yang terkandung dalam makromolekul itu dikeluarkan. Akibatnya, ikatan antarmolekulnya menjadi kuat sehingga sulit untuk digerakkan kembali. Plastik yang dibuat dengan cara ini disebut *duromer* atau *duroplastik*, yaitu plastik yang tahan panas sehingga tidak dapat dibentuk lagi meskipun keadaan panas.

b. Polimerisasi adisi

Pada pembuatan plastik dengan cara poliadisi tidak terjadi ikatan ganda, tetapi terjadi reaksi kimia. Makromolekul dibentuk dari monomer-monomer dengan terjadinya perpindahan atom-atom. Plastik ini bersifat seperti termoplastik, yaitu kenyal dan elastis. Contohnya, poliuretan untuk bahan pengemasan *(packing)* dan busa, serta resin epoksi untuk bahan perekat logam.

Gambar 11.17 Pembuatan Gerabah
Sumber Gambar: The Oxford Children's Illustrated Encyclopedia (1998: 432)

Gambar 11.18 Contoh Gerabah
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

3. Keramik

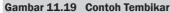
Keramik dibuat dari bahan baku tanah liat yang dicampur dengan pasir menjadi campuran yang sempurna (*homogen*). Campuran itu dipanaskan atau dibakar pada suhu yang sangat tinggi. Industri keramik sudah sangat tua ada di dunia ini. Orang zaman dahulu sudah biasa membuat keramik, bahkan untuk menentukan waktu (periode) suatu peradaban diukur dengan jenis keramik yang dibuat pada periode tersebut.

Gerabah adalah awal dari tembikar yang dibuat manusia. Gerabah dibuat dari tanah liat yang dicampur pasir dan diaduk merata. Kemudian, dipanaskan atau dibakar pada suhu 800°C sampai 1.000°C. Sifat gerabah adalah rapuh, poros, keras, dan mudah pecah. Pada masyarakat zaman dahulu, gerabah digunakan untuk alat-alat rumah tangga. Sekarang pun, di daerah pedesaan masih banyak orang yang menggunakan gerabah untuk alat rumah tangga, seperti gentong, kuali, dan cobek.

Tembikar adalah campuran batu mineral, pasir kuarsa, dan tanah liat murni yang dipanaskan antara suhu 1.100°C sampai 1.250°C. Sifat tembikar adalah sangat kuat, sangat keras, pejal, tidak mudah pecah, dan tidak bening atau kabur. Tembikar sering dilapisi dengan porselen sehingga tampak lebih indah dan halus permukaannya. Beberapa contoh tembikar, yaitu piring, cangkir, ubin keramik, dan genteng.

a. vas bunga

b. genteng

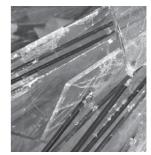
c. piring dan cangkir

Gambar 11.19 Contoh Tembikar
Sumber Gambar: The Oxford Children's Illustrated Encyclopedia (1998: 432); http://seni-v-blogspot.com

Gambar 11.20 Porselen
Sumber Gambar: http://www.magnor-glassverk.com

Porselen adalah campuran kaolin dengan bubuk putih yang disebut petuntas atau tanah liat chyne. Kata "kaolin" berasal dari nama daerah di Cina, tempat ditemukan tanah yang berwarna putih dan mengandung kapur. Kemudian, campuran tersebut dilapisi dengan campuran lain sebagai pelapisnya. Setelah itu, campuran dipanaskan pada suhu 1.300°C. Pada suhu ini, semua campuran dan pelapisnya akan menyatu menjadi porselen. Keramik yang dibakar tanpa diglasir disebut *biscuit* atau *bisque*.

4. Kaca

Kaca merupakan benda yang dapat dilihat dan ditemukan di mana-mana. Kita melihat bahwa kaca tampak sebagai zat padat, tetapi sebenarnya jika diamati dengan mikroskop yang canggih, ternyata kaca merupakan zat cair yang molekul-molekulnya bergerak sangat lambat. Oleh sebab itu, jika dipanaskan kaca akan menjadi lembek, kemudian menjadi kaca cair.

Bahan utama kaca adalah pasir yang kandungan utamanya adalah silikon dioksida (SiO_2), soda abu atau natrium karbonat (Na_2CO_3), dan kapur atau kalsium karbonat ($CaCO_3$). Ketiga bahan tersebut dicampur merata. Kemudian, dipanaskan sampai suhu 1.500°C. Campuran ini akan menyatu menjadi kaca bentuk cair, kental, dan liat, seperti adonan roti. Cairan kaca ini didinginkan perlahan-lahan atau cepat tergantung jenis kaca yang ingin diperoleh. Proses pendinginan akan membuat molekul-molekul kaca membentuk jaringan molekul yang tidak teratur. Kaca cair dapat dibentuk menjadi lembaran atau bentuk lain, seperti botol, gelas, lensa atau alat optik, dan serat optik.

Gambar 11.21 Kaca
Sumber Gambar: http://www.vindowaste.co.uk

5. Kertas

Bahan baku kertas merupakan bahan yang banyak mengandung selulosa, seperti jerami atau merang padi, kayu, bambu, dan gelagah. Pembuatan kertas dibuat dalam dua tahap, yaitu pembuatan *pulp* dan pembuatan kertas dari *pulp* itu.

Tokohku

TS'AI LUN

Sumber: media.isnet.org/iptek/100/Tsailun.html

Tahukah kamu, siapa penemu kertas? Ts'ai Lun, wah mungkin asing bagimu mendengar nama itu. Akan tetapi, tahukah kamu bahwa dia telah menemukan sesuatu yang sangat penting dan bermanfaat bagi kita semua.

Ts'ai Lun adalah seorang pegawai negeri pada pengadilan kerajaan. Pada tahun 105 M, dia mempersembahkan contoh kertas kepada kaisar Ho Ti. Penemuan Ts'ai Lun ini tercatat dalam penulisan resmi dinasti Han.

Kaisar sangat senang atas penemuan Ts'ai Lun dengan menaikkan pangkatnya dan memberinya gelar kebangsawan.

Gambar 11.22 Ts'ai Lun
Sumber Gambar: http://www.sjsu.edu/depts/Museum/graphics/tsailun.gif

Pulp adalah bahan kertas yang sudah bersih selulosanya. Ada tiga macam proses pembuatan *pulp*, yaitu proses mekanik, kimia, dan semikimia. Pada proses mekanik, bahan baku digiling sampai hancur sehingga selulosa bersih dari zat-zat lainnya. Pada proses ini tidak digunakan zat kimia. Proses semikimia dilakukan seperti proses mekanik, tetapi dibantu oleh zat kimia untuk melunakkan selulosa agar terpisah dari zat-zat lainnya. Pada proses kimia, bahan baku dimasak dengan bahan kimia tertentu sehingga zat-zat lainnya dapat dihilangkan dan diperoleh selulosa yang bersih, tidak rusak, dan murni.

> **Jelajah Internet**
>
> Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
> ms.wikipedia.org/wiki/Kimia - 47k
> www.kimianet.lipi.go.id

Proses kimia pada pembuatan *pulp* dapat dilakukan dengan proses soda, proses *sulfat*, dan proses *sulfit*. Proses soda dan proses *sulfat* disebut proses basa, sedangkan proses *sulfit* disebut proses asam.

Pada proses basa (proses soda), bahan baku dipotong menjadi potongan yang sangat kecil. Kemudian, dimasak dengan larutan NaOH dalam suatu tempat selama lebih dari 3 jam. Setelah selulosa terpisah dari campurannya, bahan tersebut disaring sehingga selulosa dapat dipisahkan dari zat-zat lainnya. Selulosa yang sudah dipisahkan ini disebut *pulp*.

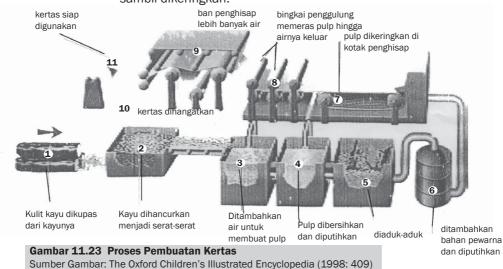
Pada proses pemisahan selulosa akan didapatkan *pulp* halus, *pulp* kasar, dan bahan yang belum hancur. *Pulp* halus dikelantang dengan kaporit atau natrium *hipoklorit* agar menjadi putih pucat. Setelah dicuci beberapa kali untuk menghilangkan klor, *pulp* halus dikeringkan dan siap dibuat kertas. *Pulp* kasar setelah dicuci dapat dibuat sebagai bahan pembuat karton. Bahan-bahan yang belum hancur dimasak kembali seperti semula.

Proses sulfat juga dilakukan seperti proses basa, tetapi zat yang digunakan untuk memasaknya adalah campuran NaOH, Na_2S, dan Na_2CO_3.

Proses asam atau proses *sulfit* pada dasarnya sama dengan proses soda, tetapi zat pemasaknya menggunakan campuran SO_2, $Ca(HSO_3)_2$, dan $Mg(HSO_3)_2$. Pada proses kimia ini akan dihasilkan *merkaptan* yang berbau busuk.

Pembuatan kertas dilakukan setelah *pulp* menjadi kering. Prosesnya, yaitu *pulp* digiling sampai halus. Kemudian, dicampur dengan bahan penolong dan air. Bahan penolong merupakan bahan yang terdiri dari perekat damar, *talk*, kaolin, gipsum, tawas, pewarna, dan kalsium karbonat. Bubur campuran ini selanjutnya dimasukkan ke dalam mesin pengepres supaya menjadi lembaran-lembaran tipis sambil dikeringkan.

Gambar 11.23 Proses Pembuatan Kertas
Sumber Gambar: The Oxford Children's Illustrated Encyclopedia (1998: 409)

Uji Latih Diri 11.3

1. Apa keuntungan dan kerugian penggunaan plastik untuk alat rumah tangga dibandingkan penggunaan bahan logam?
2. Apa perbedaan dan persamaan antara gerabah dengan tembikar?

D. Bahan Kimia di Bidang Pertanian

Bahan kimia juga banyak digunakan dalam bidang pertanian, sejak penyiapan lahan, penanaman hingga panen. Untuk membersihkan lahan dari tanaman pengganggu, seperti rumput digunakan herbisida. Setelah dilakukan pemupukan, benih ditanam bersama pestisida sintetis, yaitu bahan kimia yang dapat masuk ke dalam jaringan tanaman sehingga bibit yang baru tumbuh aman dari serangan hama. Penyemprotan dengan pestisida atau pupuk cair dilakukan agar kebutuhan hara tanaman tercukupi dan tanaman terhindar dari serangan hama dan penyakit. Jadi, jelas bahwa bahan kimia dibutuhkan dalam kegiatan usaha pertanian. Sebelum memberikan perlakuan tertentu pada tanaman dengan bahan-bahan kimia, terlebih dahulu harus mengetahui tujuan pemberian bahan-bahan kimia tersebut sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Beberapa unsur yang dibutuhkan tanaman (unsur hara) adalah sebagai berikut.

- Nitrogen (N) berfungsi untuk membangun tubuh tanaman dan membentuk protein.
- Fosfor (P) berguna dalam pembentukan bunga dan buah serta membantu pertumbuhan dan perkembangan akar.
- Kalium (K) membantu pembentukan jaringan tubuh tanaman sehingga meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit tanaman.
- Magnesium (Mg) berfungsi membantu dalam proses pembentukan klorofil, minyak, dan lemak.
- Kalsium (Ca) untuk menguatkan jaringan pada batang, bunga, dan buah.

Selain unsur-unsur di atas, banyak unsur-unsur lain yang dibutuhkan tanaman meskipun dalam jumlah yang sedikit, misalnya belerang (S), mangan (Mn), seng (Zn), cobalt (Co), dan molubdenus (Mo).

Akhir-akhir ini, penggunaan bahan kimia (pestisida) untuk mengatasi serangan hama di lahan pertanian banyak dilakukan karena praktis, menghemat tenaga, dan ampuh dalam membasmi hama. Penggunaan bahan kimia sebaiknya tidak bertujuan untuk membasmi hama, tetapi berusaha untuk mengendalikan keberadaan hama. Musnahnya suatu hama secara mendadak dapat mengakibatkan munculnya hama baru dalam jumlah yang lebih besar

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
id.wikipedia.org/wiki/Pestisida
Sulatri Bisa Dijadikan Insektisida Alamiuntuk Menghambat Serangan Ulat Kubis.aspx - 29k

a. lavender

b. atsiri

Gambar 11.24 Pestisida Alami
Sumber Gambar: http://anekaindustri.com/images/atsiri.jpg; http://fireflyforest.net/images/firefly/2005/November/lavender-with-bumblebees.jpg

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.chem-is-try.org
www.kimianet.lipi.go.id

karena sistem keseimbangan alam terganggu. Ledakan hama baru ini akan sangat merugikan dan sulit dikendalikan.

Beberapa jenis pestisida yang banyak digunakan untuk menanggulangi serangan hama dan penyakit tanaman terbagi dua, yaitu

a. pestisida alami, seperti
   1) jahe sebagai pestisida alami tanaman cabai;
   2) wangi alami bunga lavender dan minyak cengkeh dapat mengusir kutu baju, nyamuk, kecoa, dan lalat;
   3) tanaman surian, ki pahit, dan biji mandalika dapat mencegah hama *empoaska* dan *helopheltis* berikut ulat jengkal dan ulat api;
   4) minyak atsiri sebagai antiseptik dan antibakteri.
b. pestisida kimia, seperti
   1) *insektisida*, bahan kimia yang digunakan untuk membasmi serangga. Contohnya, senyawa-senyawa *carbofuran*, *diazinon*, DDT atau *dieldrin*, *carboryl*, *lindane*, dan *endrin*.
   2) *acarisida*, yaitu zat kimia untuk membasmi tungau atas kutu.
   3) *nematisida* adalah zat kimia untuk memberantas cacing, contohnya *nemagon* dan DD.
   4) *fungisida*, bahan kimia yang berfungsi untuk memberantas jamur. Contohnya, COC, *conepox*, *ditharal*, *alganol*, bubur bordeaux, dan bubur california.
   5) *herbisida*, zat kimia untuk memberantas tanaman pengganggu, seperti rumput. Contohnya, *propanil*, *metalsaltsoramine*, *molinate*, dan *fenoprop*.
   6) *ovisida* adalah bahan kimia untuk membasmi telur serangga.
   7) *larvasida* merupakan bahan kimia untuk membasmi larva serangga. Contohnya, *Folidol E*, *Folidol M*, DDT (*dikloro difenil trikloroetana*), *chlordine*, dan semua zat kimia untuk serangga.
   8) *rodentisida*, yaitu zat kimia untuk membasmi hama tikus.

Uji Latih Diri 11.4

1. Apa keuntungan penggunaan pestisida alami?
2. Bagaimana menghilangkan pestisida yang melekat pada sayuran sebelum dimasak?
3. Pemberian pupuk kimia yang tidak mengikuti aturan akan merugikan petani. Apa contoh akibat tidak baik tersebut?

Refleksi Diri

Sebelum orang menemukan bahan-bahan pembersih dan pewangi seperti saat ini, tentu telah ada bahan-bahan alami yang digunakan orang pada zaman dahulu. Coba kamu cari bahan-bahan alami tersebut sebelum bahan-bahan kimia yang seperti saat ini digunakan.

E. Bahan Kimia di Bidang Kesehatan

Bahan kimia banyak digunakan dalam bidang kesehatan, mulai saat pemeriksaan di laboratorium, untuk mendiagnosa penyakit hingga proses penyembuhan penyakit. Obat-obatan merupakan salah satu bahan kimia yang sering berhubungan dengan manusia. Seseorang yang mengonsumsi obat berarti tubuhnya dalam keadaan sakit. Setelah mengonsumsi obat, pasien tersebut diharapkan akan merasa pulih seperti sedia kala. Penggunaan obat tanpa petunjuk dokter dapat membahayakan kesehatan pasien. Bagaimana pun aman dan manjurnya suatu obat, tetap saja obat merupakan bahan kimia yang bersifat racun. Oleh sebab itu, penggunaannya harus mengikuti petunjuk dokter.

Beberapa pengaruh buruk obat terhadap pemakainya, yaitu

a. efek samping merupakan pengaruh lain (buruk) yang muncul akibat penggunaan obat tertentu.
b. *over dosis*, yaitu keracunan akibat penggunaan obat melebihi takaran yang ditentukan.
c. *idiosinkrasi* obat, yaitu sifat bawaan seseorang bereaksi terhadap suatu obat. Misalnya, timbul gatal-gatal dan kemerahan pada kulit seseorang yang tidak tahan terhadap obat *sulfa*.
d. alergi obat, yaitu reaksi yang ditimbulkan suatu obat karena kepekaan seseorang terhadap obat itu.
e. *karsinogenitas* obat, yaitu kemampuan suatu obat untuk menimbulkan penyakit kanker.
f. *teratogenitas* obat, yaitu pengaruh obat terhadap perkembangan janin dalam kandungan.

Zat radioaktif merupakan salah satu bahan kimia yang digunakan pada bidang kesehatan. Zat radioaktif merupakan zat yang memancarkan radiasi pengion, seperti sinar α, β, γ. Pada bidang kesehatan, sinar radioaktif yang sering digunakan adalah sinar *X* yang sifatnya mirip dengan radiasi sinar γ. Penyinarannya berguna untuk mencegah, menghambat, dan membunuh secara intensif pertumbuhan sel–sel bakteri maupun virus berdasarkan dosis dan lama waktu penyinaran. Radiasi yang sangat intensif juga digunakan untuk *sterilisasi* alat bedah dan obat–obat tertentu.

Beberapa bahan kimia dapat menyehatkan lingkungan. Misalnya, adanya ozon (O_3) di atmosfer sangat berpengaruh pada kesehatan lingkungan karena dapat menahan radiasi dari angkasa luar. Oksigen (O_2) sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup untuk bernapas. Sebetulnya, gas asam arang (CO_2) juga sangat penting untuk asimilasi pada tanaman. Asimilasi akan menghasilkan oksigen. Akan tetapi, jika CO_2 terlalu banyak akibat aktivitas makhluk hidup, gas ini dapat membahayakan makhluk hidup itu sendiri.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
id.wikipedia.org/wiki/Pencemaran - 20k
www.sabah.edu.my/mrc003.wcdd/pencemaran.html - 36k

Oksigen juga sangat dibutuhkan dalam proses pembusukan sisa-sisa mahluk hidup. Proses pembusukan dengan oksigen dilakukan oleh bakteri *aerobik*. Reaksi pembusukan ini tidak menimbulkan bau busuk.

Bahan kimia yang sering digunakan untuk menanggulangi penyebaran suatu penyakit, misalnya

- pemberian bubuk *abate* di kolam dan bak mandi untuk memutuskan daur hidup nyamuk penyebar penyakit demam berdarah;
- penyemprotan suatu daerah dengan DDT bertujuan untuk menanggulangi penyebaran penyakit malaria, tifus, dan desentri;
- pengasapan untuk membunuh nyamuk, kecoa, dan serangga pengganggu lainnya.

Akan tetapi, ada dampak negatif dari kegiatan ini, misalnya DDT tidak dapat cepat larut dalam air sehingga daerah-daerah yang disemprot DDT akan menyimpan DDT di lingkungannya. Jika endapan DDT termakan oleh binatang ternak, ikan, atau hewan lainnya, hewan ini dapat memindahkan DDT yang dimakannya ke dalam tubuh manusia yang mengonsumsi hewan-hewan tersebut.

Kesehatan keluarga dipengaruhi oleh kesehatan pribadi anggota keluarga. Penggunaan bahan-bahan kimia dalam rumah tangga sangat menentukan tingkat kesehatan keluarga. Kesehatan pribadi seseorang sangat ditentukan oleh makanan, cara hidup, dan kesehatan lingkungan di sekitarnya.

Untuk lebih mengenal bahan kimia di bidang pertanian dan kesehatan, mari kita lakukan kegiatan berikut.

Kegiatan Ilmiah 11.2

Jenis Bahan Kimia Pertanian dan Kesehatan

Tujuan Mengetahui jenis bahan kimia pertanian dan kesehatan.

Alat dan Bahan Beberapa kemasan bahan makanan, kemasan bahan kimia untuk pertanian dan kesehatan, kemasan bahan kosmetik wanita.

Petunjuk Kerja

1. Amati kemasan sebuah pupuk tanaman.
2. Sebutkan bahan kimia yang dikandung dalam pupuk melalui tulisan pada kemasannya.
3. Ulangi untuk kemasan dan jenis pupuk lain.
4. Sekarang, amati kemasan bahan makanan. Cari jenis bahan kimia yang dikandung makanan itu melalui kemasannya.
5. Ulangi untuk kemasan bahan makanan lainnya, kemasan bahan kecantikan wanita, dan kemasan obat-obatan.
6. Isikan hasil pengamatanmu dalam tabel.

Tabel 11.1 Hasil Pengamatan

No.	Jenis		Bahan Kimia	Keterangan
	Kemasan	Bahan		
1.	Pertanian	Pupuk	Urea	Butiran
2.				
3.				
4.				

Bahan Diskusi

1. Apakah setiap kemasan bahan pertanian mengandung bahan kimia?
2. Samakah jenis bahan kimia yang dikandung setiap kemasan bahan pertanian?
3. Apakah setiap kemasan bahan makanan mengandung bahan kimia?
4. Adakah peringatan-peringatan khusus yang harus diperhatikan pada kemasan-kemasan itu?
5. Ulangi pertanyaan di atas untuk kemasan obat.
6. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Uji Latih Diri 11.5

1. Mengapa kesehatan pribadi dipengaruhi bahan kimia?
2. Apa efek samping penggunaan obat-obatan?
3. Apa akibat yang timbul pada seseorang yang alergi terhadap suatu jenis obat?

F. Pencemaran

Bahan kimia juga digunakan untuk menjaga kesehatan lingkungan. Akan tetapi, bahan kimia dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, seperti pencemaran udara, tanah, dan air.

Bahan kimia yang menyebabkan pencemaran lingkungan bisa berasal dari alam atau manusia. Pencemaran dari alam, misalnya letusan gunung api menyemburkan gas belerang dan gas asam arang (CO_2) yang dapat membunuh manusia dan hewan.

Pencemaran dari manusia dan alat-alatnya, misalnya kendaraan bermotor mengeluarkan gas karbon monoksida (CO) dan gas timbal oksida (PbO), pembusukan sampah dan bangkai yang menghasilkan gas SO_2 dan fosfor. Gas SO_2 dan N_2O_3 yang dihasilkan pembusukan sampah dan sisa mahluk hidup merupakan bahan pencemar udara. Jika terkena hujan, kedua oksida ini akan menjadi asam (H_2SO_3 dan HNO_3) yang merupakan penyebab terjadinya hujan asam. Hujan asam bersifat sangat merusak lingkungan dan dapat mengakibatkan tanaman mati.

Gambar 11. 25
Pencemaran Udara
Sumber Gambar: http://www.tempointeraktif

Pembuangan zat-zat berbahaya dapat menyebabkan pencemaran tanah. Misalnya, pembuangan bekas baterai akan menimbulkan polusi oleh air raksa. Pestisida yang disemprotkan atau ditanam dapat mengakibatkan pencemaran tanah. Pencemaran udara pun akhirnya akan menjadi pencemaran bagi tanah karena terbawa oleh hujan atau uap air di udara.

Pencemaran air dari bahan kimia dapat berasal dari minyak, detergen, garam-garam dari logam berat, dan asam-asam organik.

Gambar 11.26 Tanaman yang Terkena Hujan Asam (kiri) dan Tanaman yang Tidak Terkena Hujan Asam (kanan)
Sumber Gambar: Howstuffworks How Ozone Pollution Works.htm

Gambar 11.27 Hujan Asam Mempercepat Pengaratan Besi
Sumber Gambar: The Oxford Children's Illustrated Encyclopedia (1998: 341)

Uji Latih Diri 11.6

1. Bagaimana cara penanggulangan pencemaran yang disebabkan alam?
2. Apa yang dimaksud dengan hujan asam? Apa penyebab dan akibat dari hujan asam tersebut?

Rangkuman

Penggunaan bahan kimia pada rumah tangga dapat dikelompokkan sebagai bahan pembersih, pemutih, pewangi, dan pembasmi serangga. Bahan pembersih rumah tangga yang mengandung bahan kimia, seperti detergen, sabun, dan sampo. Bahan kimia pemutih pada rumah tangga terdapat pada bahan pemutih pakaian, makanan, dan kulit. Pewangi ruangan dan pewangi pakaian adalah kelompok bahan pewangi dengan kandungan bahan kimia yang sering digunakan pada rumah tangga.

Kandungan bahan kimia yang sering digunakan pada rumah tangga menimbulkan pengaruh positif maupun negatif bagi pengggguna dan lingkungan sekitarnya. Pengaruh positif timbul jika bahan kimia tersebut dipakai sesuai dengan aturan, seperti pakaian menjadi bersih dan wangi, kulit dan mata tidak terkena iritasi. Dengan kata lain, pekerjaan rumah tangga akan menjadi lebih mudah. Pengaruh negatif timbul jika bahan kimia tersebut dipakai secara berlebihan atau tidak sesuai dengan aturan seperti terganggunya sistem pernapasan yang menyebabkan iritasi serta meracuni tanah dan lingkungannya.

Keracunan bahan kimia rumah tangga biasanya terjadi pada anak–anak. Pencegahan yang dilakukan orang tua agar anak mereka tidak terkena bahan kimia, yaitu para orang tua sebaiknya meletakkan bahan kimia tersebut di tempat yang jauh dari jangkauan anak–anak.

Evaluasi Diri 11

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Berikut ini adalah bahan-bahan kimia dalam rumah tangga yang termasuk bahan makanan, *kecuali*....
   a. mentega
   b. natrium klorida
   c. asam askorbat
   d. minyak goreng
2. Bahan pembersih yang dibuat dari potasium hidroksida, natrium karbonat, gliserin, dan mentol sebagai bahan utamanya adalah ....
   a. sabun colek
   b. sampo
   c. pasta gigi
   d. detergen
3. Bahan-bahan ini adalah disinfektan untuk pembersih, *kecuali* ....
   a. kresol
   b. benzalkonium klorida
   c. formaldehid
   d. transflutrin
4. Perhatikan pernyataan berikut ini.
   1) Membersihkan lantai;
   2) membuat lantai menjadi wangi;
   3) membunuh kuman dan bibit penyakit;
   4) mengelantang udara.

   Fungsi pembersih lantai ditujukan oleh pernyataan ....
   a. 1), 2), dan 3)
   b. 1), 2), dan 4)
   c. 1), 3), dan 4)
   d. 2), 3), dan 4)
5. Senyawa klorin adalah bahan kimia pada ....
   a. pewangi
   b. pemutih makanan
   c. pemutih pakaian
   d. pembersih lantai
6. Berikut adalah bahan kimia untuk pemutih makanan, *kecuali* ....
   a. aluminium stearat
   b. kalsium iodat
   c. kalium bromat
   d. asam askorbat
7. Larvasida adalah insektisida untuk membasmi ....
   a. nyamuk
   b. jentik nyamuk
   c. serangga dewasa
   d. hama padi
8. Cara penggunaan insektisida berbentuk pasta adalah ....
   a. dioleskan
   b. disemprotkan
   c. dibakar
   d. dialirkan
9. Bahan insektisida yang sudah lama digunakan sebagai pembasmi penyakit malaria adalah ....
   a. *carboryl*
   b. *diazinon insectiside*
   c. *chlorine hydrocarbon insectiside*
   d. *kwartener amonium klorin*
10. Dalam bidang industri, bahan kimia digunakan untuk bermacam-macam hal, *kecuali* sebagai bahan ....
    a. baku
    b. pemroses
    c. pembakar
    d. tambahan

11. Berikut ini adalah cara membuat plastik, *kecuali* ....
    a. polimerisasi
    b. poliuretan
    c. polikondensasi
    d. poliadisi
12. Porselen terbuat dari campuran ....
    a. tanah liat dengan pasir
    b. pasir kuarsa dengan tanah liat
    c. batu kapur dan semen
    d. kaolin dengan petuntas
13. Proses kimia pada pembuatan pulp disebut proses soda karena menggunakan ....
    a. Na_2CO_3
    b. $Ca(HSO_3)_2$
    c. $Mg(HSO_3)_2$
    d. NaOH
14. Pupuk yang mengandung unsur nitrogen adalah ....
    a. *zwavelzure ammonia*, urea, *double super phosphate*
    b. sendawa chili, urea, dan ZA
    c. TS, DS, dan urea
    d. sendawa chili, NPK, dan TS
15. Berikut ini yang *tidak* termasuk insektisida adalah ....
    a. dieldrin
    b. endrin
    c. lindane
    d. molinate

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Apakah yang dimaksud dengan efek samping suatu zat kimia? Kapankah dikatakan mempunyai efek samping negatif?
2. Efek positif dan negatif apakah yang ditimbulkan dari penggunaan pembersih lantai?
3. Adakah efek negatif dari bahan pewangi dan pelembut pakaian?
4. Apa akibat jika kita menyemprot kamar dengan insektisida setiap hari?
5. Apa kebaikan dan keburukan penggunaan insektisida dengan cara mengoleskannya langsung ke kulit?

BAB XII

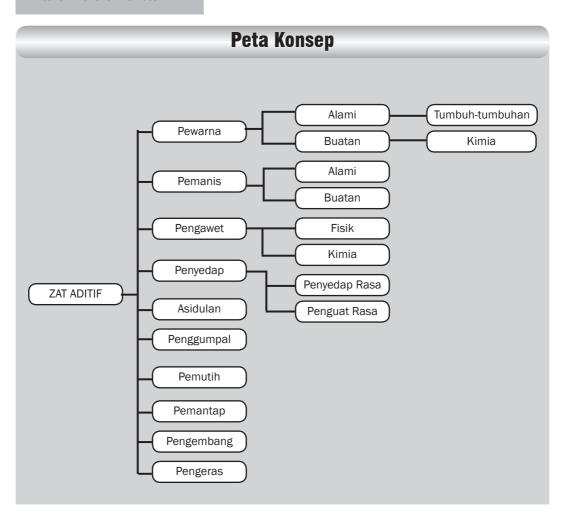
Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

1. mengidentifikasi contoh bahan-bahan kimia alami yang dapat digunakan sebagai bahan pewarna, pemanis, pengawet, dan penyedap yang terdapat dalam bahan makanan kemasan;
2. mengidentifikasi contoh bahan-bahan kimia buatan yang dapat digunakan sebagai bahan pewarna, pemanis, pengawet, dan penyedap yang terdapat dalam bahan makanan kemasan.

BAHAN KIMIA DALAM BAHAN MAKANAN

Peta Konsep

- ZAT ADITIF
  - Pewarna
    - Alami — Tumbuh-tumbuhan
    - Buatan — Kimia
  - Pemanis
    - Alami
    - Buatan
  - Pengawet
    - Fisik
    - Kimia
  - Penyedap
    - Penyedap Rasa
    - Penguat Rasa
  - Asidulan
  - Penggumpal
  - Pemutih
  - Pemantap
  - Pengembang
  - Pengeras

Gambar 12.1 **Ikan Segar**
Sumber Gambar: http://agriculturesupercamps.fileS

Bagaimana ikan agar selalu tampak segar dan tidak busuk? Agar ikan dapat bertahan lama maka perlu ditambahkan bahan pengawet. Tentu saja pemakaian bahan pengawet tersebut tidak sembarangan, tetapi menggunakan bahan yang aman dan sesuai dengan batas yang diperkenankan.

Zat-zat yang ditambahkan dalam makanan untuk menyempurnakan makanan disebut **zat aditif makanan**. Zat aditif ditambahkan pada makanan untuk lebih menyempurnakan makanan itu baik secara kualitas maupun pada penampilan makanan. Zat aditif pada makanan meliputi zat pewarna, pengawet, pemanis, penyedap, pengembang, dan penggumpal. Komposisi bahan utama dan bahan aditif pembuat makanan dapat dilihat dari kemasan makanan tersebut.

Kata-Kata Kunci *(Key Words)*

ambang batas
bahan aditif
boraks
expired date
formalin
mengeringkan
mengasin
mengasap
pemantap
pemucat
pengawet
pengembang
pengeras
penyedap
pewarna

A. Bahan Pewarna pada Makanan

Bahan pewarna atau zat pewarna pada makanan adalah bahan tambahan pada makanan yang dapat memperbaiki atau memberi warna pada makanan. Penambahan zat pewarna pada umumnya bertujuan untuk memperoleh warna makanan yang lebih menarik.

Fungsi zat pewarna pada makanan, yaitu

1) mendapatkan warna yang sama atau seragam pada makanan yang warna asalnya tidak sama;
2) memperbaiki penampilan makanan yang warnanya pudar akibat proses pemanasan;
3) memperoleh penampilan makanan yang lebih menarik;
4) mendapatkan warna yang lebih tua dari warna aslinya;
5) sebagai *indikator visual* (penglihatan) untuk menentukan kualitas makanan itu;
6) mempertahankan warna agar tidak memudar yang disebabkan oleh cahaya matahari atau pengaruh lainnya.

Terdapat banyak jenis bahan pewarna, tetapi tidak semua pewarna itu dapat digunakan pada makanan. Ada dua jenis pewarna makanan, yaitu pewarna alami dan pewarna buatan.

Gambar 12.2 Contoh Makanan Kaleng
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

1. Pewarna alami *(natural colour)*

Pewarna alami merupakan bahan pewarna yang diambil dari tumbuh-tumbuhan atau batu-batuan secara langsung. Misalnya,

a. zat warna klorofil dari daun suji yang menghasilkan warna hijau untuk mewarnai kue, seperti kue lapis dan kue pisang;

Gambar 12.3 Daun Suji dan Daun Pandan
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

b. zat warna kurkumin yang berasal dari kunyit yang menghasilkan warna kuning untuk memberi warna pada tahu, minuman ringan, dan nasi kuning;

Gambar 12.4 Kunyit
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Gambar 12.5 Kunyit
Sumber Gambar:
Dokumnetasi Penerbit

Gambar 12.6 Buah Bit
Sumber Gambar:
Dokumnetasi Penerbit

Gambar 12.7 Wortel
Sumber Gambar:
Dokumentasi Penerbit

Gambar 12.8 Paprika
Sumber Gambar:
Dokumentasi Penerbit

c. zat warna *kapxantin* yang dikandung oleh cabai merah untuk memerahkan rendang dan sayur ikan;
d. zat warna antosianin yang dikandung bit menghasilkan warna abu-abu violet pada keadaan basa dan warna merah pada keadaan asam;
e. zat warna coklat pada karamel dihasilkan dari reaksi karamelisasi *sukrosa* pada pemanasan sekitar 170°C;
f. zat warna kuning pada wortel disebut *beta-karoten* untuk memberi warna kuning pada makanan;
g. beberapa zat warna alami lainnya, seperti sari jeruk yang menghasilkan warna kuning, *riboflavin*, paprika, dan ekstrak kulit anggur.

Beberapa zat pewarna alami yang aman tercantum pada tabel 12.1 berikut.

Tabel 12.1 Zat Pewarna Alami

Zat Pewarna Alami
Anato
Beta-Apo-8'Karotenoat
Etil Beta-Apo-8'Karotenoat
Xantasantin
Karamel, Amonia Sulfit Proses
Karmin
Beta Karoten
Klorofil
Klorofil Tembaga Komplex
Kurkumin
Riboflavin
Tartrazin

Sumber Informasi: Badan Pengawas Obat dan Makanan (Badan POM)

Ukuran penggunaan zat pewarna harus memerhatikan ambang batas penggunaannya yang menggunakan satuan bpj (bagian per juta). Misalnya, beta-karoten mempunyai ambang 33 bpj.

2. Pewarna buatan (sintetis atau *synthetic colour*)

Pewarna buatan adalah bahan pewarna yang dibuat secara kimia oleh pabrik industri kimia. Pewarna ini biasanya dijual di pasaran dengan tanda khusus pada label atau kemasannya. Tanda itu dapat berbentuk tulisan *FD&C* (*food, drugs, and cosmetics*), tetapi yang baku berbentuk Ⓜ. Beberapa contoh pewarna sintetis, misalnya biru berlian, *yellow* nomor 5 dengan ambang 7,5 bpj per hari.

Mau tahu zat pewarna sintetis lainnya? Mari kita perhatikan tabel 12.2 di bawah ini.

Gambar 12.9 Pewarna Sintetis
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Tabel 12.2 Zat Pewarna Sintetis

Zat Pewarna Sintetis
Biru Berlian
Coklat HT
Eritrosin
Hijau FCF
Hijau S
Indigotin
Karmoisin
Kuning FCF
Kuning Kuinolin
Merah Alura
Ponceau 4 R

Sumber Informasi: Badan Pengawas Obat dan Makanan (Badan POM)

Ada beberapa zat pewarna yang dilarang untuk mewarnai makanan, misalnya *magenta* untuk tekstil dan *butter yellow*. Zat pewarna yang dilarang lainnya tercantum pada Tabel 12.3 berikut ini.

Tabel 12.3 Zat Pewarna yang Dilarang untuk Makanan

Zat Pewarna yang Dilarang untuk Makanan	
Auramine	Orange RN
Metanil Yellow	Chocolate Brown FB
Alkanet	Orchil and Orcein
Oil Orange SS	Fast Red E
Butter Yellow	Ponceau 3 R
Oil Orange XO	Fast Yellow AB
Black 7984	Ponceau SX
Oil Yellow AB	Guinea Green B
Burn Umber	Ponceau 6R
Oil Yellow OB	Indanthrene Blue RS
Chrysoidine	Rhodamin B
Orange G	Magenta
Chrysoine	Sudan 1
Orange GGN	Violet 6 B
Citrus Red No. 2	Scarlet GN

Sumber Informasi: Badan Pengawas Obat dan Makanan (Badan POM)

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.beritaiptek.com/zberita-beritaiptek-2007-01-06-Lebih-Jauh-Tentang-Bahan-Pewarna-Ikan2.shtml - 30k
www.republika.co.id/koran_detail.

Penggunaan zat pewarna yang dilarang ini dapat menyebabkan penyakit kanker, kerusakan ginjal, kerusakan hati, dan gangguan pencernaan. Hal ini disebabkan zat pewarna tersebut mengandung bahan kimia yang tidak dapat dicerna tubuh sehingga mengendap di dalam tubuh. Selain bpj, ambang batas pemakaian menggunakan satuan mg/kg.

Contoh pemakaian zat pewarna sintetis, yaitu penggunaan zat pewarna *anato* pada es krim yang hanya diperkenankan (ambang batas) 100 mg/kg. Artinya, pada setiap 1 kg es krim hanya diijinkan menambah pewarna anato sebanyak 100 mg. Pewarna sintetis biru berlian untuk kacang kapri kalengan memiliki ambang batas penggunaan 200 mg/kg. Itu berarti pada setiap 1 kg kacang kapri hanya boleh ditambahkan pewarna biru berlian sebanyak 200 mg.

Uji Latih Diri 12.1

1. Keuntungan apa yang didapat dari penggunaan bahan pewarna alami?
2. Penggunaan pewarna biru berlian adalah 200 mg/kg, apa maksudnya?
3. Pewarna apa yang dilarang digunakan untuk makanan?

B. Bahan Pengawet dalam Makanan

Mengapa makanan perlu diawetkan? Salah satu tujuannya untuk mencegah pembusukan atau terjadinya perubahan kimia pada makanan itu sehingga masih dapat dikonsumsi setelah jangka waktu yang lebih lama.

Jadi, fungsi bahan pengawet dalam makanan adalah

a. mencegah pembusukan makanan dengan cara menghentikan dan membunuh aktivitas bakteri pembusuk berkembang biak dalam makanan;
b. mencegah perubahan kimia pada makanan dengan cara mencegah perubahan warna, bau, dan rasa makanan.

Bakteri pembusuk dapat beraktivitas membusukkan makanan jika lingkungan di sekitarnya cukup air, ada oksigen, dan suhu yang sesuai. Sebaliknya, jika lingkungan bakteri itu kering, suhu cukup tinggi, dan kurang oksigen maka makanan tidak cepat membusuk karena bakteri tidak dapat bekerja maksimal.

Proses pengawetan dapat dilakukan secara fisik dan kimia. Pengawetan makanan secara fisik dapat dilakukan dengan cara pengeringan, pengasinan, pengasapan, pemanisan, dan pembekuan makanan. Pengawetan makanan secara kimia dilakukan dengan menambah bahan pengawet pada makanan tersebut.

Tanda-tanda makanan yang mengalami pembusukan atau kerusakan dapat dilihat secara fisik pada makanan tersebut. Misalnya, berbau busuk, berlendir, berubah warna, terjadi penggumpalan (pada susu), berbau tengik, dan terbentuk gas. Pada makanan dalam kaleng, proses kerusakan makanan di dalamnya dapat dilihat dari bentuk fisik kalengnya. Jika kaleng terlihat menggelembung berarti terbentuk gas dalam kaleng itu. Hal ini menunjukkan bahwa makanan dalam kaleng itu sudah rusak atau busuk.

Mengeringkan makanan berarti mengurangi kadar air dalam makanan itu sehingga makanan menjadi lebih awet. Cara mengeringkan dapat dilakukan dengan menjemur di bawah sinar matahari atau menggunakan alat pengering. Misalnya, pada pembuatan ikan kering tawar dan kerupuk udang yang dikeringkan dengan bantuan panas matahari, sedangkan pengeringan gabah atau beras dan kue kering dilakukan dengan menggunakan alat pengering listrik.

Gambar 12.10 Jemur Kerupuk
Sumber Gambar: www.suarantb.com

Gambar 12.11 Ikan Asin
Sumber Gambar : http://www.gambarpanjang.com/galleryhtm

Mengawetkan makanan dengan membubuhi garam biasanya dilanjutkan dengan mengeringkannya. Cara ini berarti menambahkan garam pada makanan itu sehingga dapat membunuh bakteri dan jamur serta menyerap air dari dalam makanan tersebut. Air yang diserap garam, kemudian dikeringkan oleh sinar matahari. Proses pengawetan makanan dengan cara ini dapat dilihat pada pembuatan ikan asin.

Mengawetkan dengan cara pengasapan berarti mengalirkan asap kayu bakar atau bahan bakar tumbuhan lain pada makanan. Asap akan menghalangi proses pembusukan bakteri bahkan dapat membunuh bakteri. Misalnya, pembuatan ikan asap dan pengasapan pada jagung untuk disimpan agar awet.

Mengawetkan dengan membekukan makanan berarti membuat suhu makanan menjadi rendah sehingga bakteri pembusuk tidak dapat bekerja. Pembekuan dapat dilakukan dengan cara

a. memasukkan makanan (mentah atau matang) ke dalam lemari pendingin (kulkas);
b. merendam makanan dalam es, seperti yang sering dilakukan para nelayan dengan cara merendam ikan dalam es agar tetap segar.

Gambar 12.12 Pembekuan Makanan
Sumber Gambar: http://bp1.biogas.com

Proses mengawetkan makanan dengan cara membuat manisan sebenarnya sama seperti mengasinkan, tetapi garam diganti gula. Kemudian, dikeringkan dengan menjemur atau dengan alat listrik. Gula yang digunakan dapat berupa gula pasir atau gula merah (kelapa atau aren). Sifat gula sama seperti garam, yaitu mengikat air dalam makanan sehingga bakteri tidak dapat bekerja dengan baik. Contohnya, manisan buah, seperti, mangga, pala, dan anggur.

Mengawetkan dapat juga menggunakan larutan *cuka* 25%. Pengawetan dengan cara ini sering disebut asinan. Contohnya, asinan tahu, sayur-mayur, buah, dan acar wortel atau ketimun.

Gambar 12.13 Contoh Manisan Buah
Sumber Gambar http://www.tokoindonesia.de/catalog/index.php

Gambar 12.14 Contoh Produk Kecap dan Saos Tomat
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Pengawetan secara fisik dapat dilakukan dengan pendinginan (memasukkan makanan ke dalam alat pendingin), dikemas dalam kemasan hampa udara, disterilkan, kemudian dikalengkan dengan metode teknologi tekanan tinggi.

Teknologi pengawetan yang sedang dikembangkan saat ini adalah teknologi UHP (*Ultra High Pressure* = tekanan ultra tinggi), yaitu memberi tekanan sampai 600 MPa (*Mega Pascal*) pada makanan sehingga volumenya berkurang menjadi 85% selama kira-kira 20 menit. Kemudian, makanan dikemas dalam kaleng yang tahan tekanan tinggi.

Asam benzoat merupakan contoh bahan pengawet yang banyak digunakan pada makanan. Misalnya, pada kecap, margarin, dan saus tomat. Ambang batas pemakaian *asam benzoat* untuk kecap, yaitu 600 mg/kg, sedangkan untuk saus tomat, margarin, dan biskuit ambang batasnya adalah 1 g/kg.

Secara alami, asam benzoat dikandung dalam cengkeh dan kayu manis. Bahan pengawet lainnya adalah asam cuka, ester metil, propil paraben, garam nitrat dan nitrit (sendawa chili), asam askorbat, butil hidroksianisol, butil hidroksitoluena, propilgalat, dan tokoferol.

Asam cuka 4% digunakan untuk mencegah pembusukan oleh jamur seperti yang digunakan pada roti. Asam sorbat adalah bahan pengawet untuk keju dan sari buah yang sangat kuat untuk mencegah pertumbuhan jamur. *Ester metil* dan *propil paraben* merupakan bahan pengawet yang lebih kuat dari *asam benzoat*.

Gambar 12.15 Tahu
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Sendawa chili (garam nitrat atau nitrit) digunakan sebagai bahan pengawet kornet dan daging asap. Di samping sebagai bahan pengawet, zat ini menghasilkan bau dan warna yang menarik. Meskipun demikian, penggunaan senyawa nitrat dan nitrit ini perlu hati-hati karena dapat membentuk senyawa karsinogen nitroamina yang dapat memicu timbulnya kanker jika bereaksi dengan *asam amino*.

Gambar 12.16 Mi Instan
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Asam askorbat (vitamin C), BHA (butil hidroksianisol), BHT (butil hidroksitoluen), PG (propilgalat), dan tokoferol (vitamin E) adalah zat antioksidan yang dapat mencegah oksidasi bahan makanan baik oleh bakteri maupun udara.

Bahan pengawet yang dilarang untuk makanan sering digunakan di masyarakat. Misalnya,

a. formalin untuk mengawetkan tahu dan mi basah;
b. boraks untuk mengawetkan tahu dan buah-buahan.

Formalin dilarang sebagai zat pengawet makanan karena dapat menyebabkan penyakit kanker paru-paru, gangguan fungsi jantung, gagal ginjal, dan gangguan alat pencernaan. Boraks dapat menyebabkan gangguan pada kulit, otak, dan hati. Pengawet yang diijinkan sebagai bahan tambahan pada makanan disajikan pada Tabel 12.4 berikut ini.

Tabel 12.4 Bahan Pengawet yang Diijinkan untuk Makanan

Bahan Pengawet Makanan	
Asam benzoat	*Kalsium benzoat*
Asam propinat	*Kalsium propionat*
Asam sorbat	*Kalsium sorbat*
Belerang dioksida	*Natrium benzoat*
Etil p-hidroksi benzoat	*Metil p-hidroksi benzoat*
Kalium benzoat	*Natrium bisulfit*
Kalium bisulfit	*Natrium metabisulfit*
Kalium metabisulfit	*Natrium nitrat*
Kalium nitrat	*Natrium nitrit*
Kalium nitrit	*Natrium propionat*
Kalium propionat	*Natrium sulfit*
Kalium sorbat	*Nisin*
Kalium sulfit	*propil p-hidroksi-benzoat*

Sumber Informasi: Badan Pengawas Obat dan Makanan (Badan POM)

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini. www.kimianet.lipi.go.id/utama.

Kilasan IPA

Formalin, mengapa perlu diwaspadai?

Dikutip dari: www.depkes.go.id dan www.pom.go.id-

Formalin merupakan bahan beracun dan berbahaya bagi kesehatan. Jika menguap di udara, formalin berupa gas yang tidak berwarna dengan bau tajam yang menyesakkan sehingga merangsang fungsi hidung, tenggorokan, dan mata.

Formalin berfungsi sebagai pembunuh kuman, pembasmi serangga, bahan peledak, pembuat sutra buatan, pembuat pupuk urea, pembuat produk parfum, pengawet produk kosmetik, pengeras kuku, dan pengawet mayat. Penggunaan formalin yang salah sering dilakukan oleh produsen pangan untuk pengawetan tahu, mi basah, ikan segar, dan ayam potong.

Uji Latih Diri 12.2

1. Bagaimana cara mengawetkan makanan dengan pengasinan?
2. Mengapa makanan diberi bahan pengawet?

C. Bahan Pemanis pada Makanan

Bahan pemanis digunakan untuk membuat makanan menjadi manis atau lebih manis daripada rasa aslinya. Bahan pemanis makanan alami adalah gula pasir, gula kelapa atau gula jawa, dan gula bit yang mengandung *sukrosa.*

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini. www.info-sehat.com/content.php?s_ id=163 - 17k mahardika014.tripod.com/ - 32k

Pemanis buatan atau sintetis dibuat untuk mengganti bahan pemanis alami. Pada produksi makanan yang menggunakan pemanis buatan sebagai pengganti gula asli dapat menekan biaya produksi. Pemanis buatan digunakan untuk mereka yang tidak boleh mengkonsumsi gula asli. Misalnya, penderita penyakit DM (*diabetes mellitus* atau gula darah).

Beberapa contoh pemanis buatan, yaitu sakarin, siklamat, sorbitol, kalium acesulfam, dan bahan pemanis lainnya, seperti aspartam, dihidrokalkon dan flavonoid neohesperidin.

a. Sakarin

Sakarin (gula biang) mempunyai tingkat kemanisan 400 kali kemanisan gula asli. Pemanis ini digunakan pada makanan berkalori rendah. Misalnya, pada permen dengan ambang batas 100 mg/kg, es krim dengan ambang batas 200 mg/kg, dan makanan ringan dengan ambang batas 300 mg/kg. Sakarin tidak banyak menghasilkan kalori. Jika penggunaannya berlebihan akan berbahaya dan rasanya menjadi pahit getir.

b. Siklamat

Pemanis ini mempunyai tingkat kemanisan 30 kali pemanis alami dengan kandungan kalori rendah. Biasanya, digunakan pada permen (1 g/kg), minuman ringan (3 g/kg), dan *yogurt* (3 g/kg). Metabolisme siklamat dalam tubuh dapat menghasilkan senyawa siklamin yang bersifat karsinogenik. Senyawa ini dapat menimbulkan kanker.

c. Sorbitol

Sorbitol digunakan untuk pemanis kismis (5 g/kg), selai atau jeli (300 g/kg), dan makanan lain (120 g/kg).

d. Kalium acesulfam

Kalium acesulfam adalah pemanis dengan tingkat kemanisan 200 kali gula asli dan cukup aman untuk dikonsumsi manusia.

e. Bahan pemanis lainnya

Pemanis lainnya, seperti aspartam, dihidrokalkon, dan flavonoid neohesperidin dapat digunakan sebagai pengganti gula asli asal penggunaannya tidak berlebihan.

Jadi, biar bagaimana pun, gula alami lebih baik daripada gula sintetis karena lebih aman untuk kesehatan. Pemakaian gula asli secara berlebihan juga tidak baik karena dapat menambah kegemukan (*obesitas*).

Uji Latih Diri 12.3

1. Berapakah batas penggunaan pemanis buatan? Bagaimana penggunaannya?
2. Mengapa penggunaan pemanis alam (gula pasir) yang berlebihan tidak baik?

D. Bahan Penyedap Makanan

Mengapa makanan sering kurang sedap meskipun telah diberi bumbu? Untuk memberi rasa lebih sedap pada makanan, tambahan bahan penyedap makanan perlu diberikan. Ada 2 jenis bahan penyedap makanan, yaitu penyedap rasa dan aroma (*flavour*) serta penguat rasa (*flavour enhancer*).

Gambar 12.17 Garam
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Bahan penyedap rasa dan aroma terdiri dari bahan alami dan sintetis. Bahan penyedap alami, misalnya aroma apel dan nanas yang merupakan senyawa *amil kaproat*. Senyawa ini banyak digunakan pada kue-kue kering, seperti kue nastar. Bahan penguat rasa alami, seperti terasi, garam dapur sebagai penguat rasa asin, dan asam jawa sebagai penguat rasa asam yang merupakan bahan-bahan yang mengandung *asam asetat* (cuka).

Gambar 12.18 Asam Jawa
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Senyawa benzaldehid menghasilkan aroma cherry dan almond. Senyawa vanilin menimbulkan aroma vanili, senyawa diasetil menimbulkan aroma mentega, senyawa mentol menimbulkan aroma mint, senyawa eugenol menimbulkan aroma cengkeh, senyawa sitronela menimbulkan aroma bunga-bungaan, ester amilasetat menimbulkan aroma pisang, dan benzalsetat menimbulkan aroma stroberi. Senyawa-senyawa tersebut merupakan bahan penyedap aroma buatan atau sintetis. Beberapa contoh lainnya, yaitu asam butinat, etil laktat, dan metil salisilat. Penyedap aroma apa yang sering digunakan ibumu?

Gambar 12.19 Terasi
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Tokohku

Prof. Kikunae Ikeda

Sumber: http://www.pikiran-rakyat.co.id

Prof. Kikunae Ikeda adalah seorang guru besar di Universitas Kerajaan Tokyo Jepang yang berjasa menemukan MSG. Pria kelahiran 8 Oktober 1864 ini terusik pikirannya oleh rasa makanan. Menurutnya, ada satu rasa yang umum terdapat pada asparagus, tomat, keju, dan daging, tetapi bukan salah satu dari empat rasa yang telah dikenal, yaitu manis, asam, pahit, dan asin.

Prof. Kikunae Ikeda menemukan bahwa monosodium glutamate (MSG) memiliki sifat sebagai benda yang awet disimpan dan memberi rasa yang kuat dan lezat. MSG menjadi bumbu yang ideal karena tidak berbau atau bentuk teksturnya yang spesifik sehingga menjadikannya dapat digunakan untuk berbagai hidangan yang berbeda dan secara alami mampu meningkatkan selera makan.

Gambar 12.20 Prof. Kikunae Ikeda
Sumber: http://www.linternaute.com

Bahan penguat rasa yang banyak digunakan, yaitu *monosodium glutamat* (MSG) atau dikenal dengan nama bumbu masak atau vetsin. MSG dibuat dari sari tetes tebu yang difermentasi oleh bakteri khusus.

Gambar 12.21 Contoh Vetsin
Sumber Gambar: Dokumentasi Grasindo

MSG memiliki sifat tidak berbau, rasanya manis campur asin, terasa enak di mulut, dapat menekan aroma bawang, dan mempunyai rasa sayuran atau rasa pahit pada makanan kalengan. Apakah ibumu menggunakan MSG sebagai penguat rasa pada masakannya?

MSG tidak terlalu berbahaya asalkan pemakaiannya terbatas. Pemakaian yang berlebihan dapat menimbulkan gejala-gejala pusing, sakit perut, sakit pada persendian terutama leher dan punggung, serta sesak napas. Ambang batas pemakaian MSG yang diijinkan adalah 50 mg/kg per hari. Beberapa contoh bahan penyedap buatan yang lain, yaitu *asam guanilat* dan *asam inosinat*.

Uji Latih Diri 12.4

1. Mengapa bahan penyedap makanan sering digunakan untuk menambah rasa pada masakan?
2. Apa beda *flavour* dan *flavour enhancer*?

Refleksi Diri

Kamu tentu suka makanan yang dikemas dalam kaleng. Seperti buah kaleng, ikan tuna, atau daging giling yang telah dikemas dalam kaleng. Biasanya, makanan tersebut dijual di swalayan. Mengapa kamu suka makanan siap saji tersebut? Adakah keuntungan dan kerugian mengonsumsi makanan siap saji tersebut? Coba kamu ceritakan secara singkat.

Gambar 12.22 Coklat dan Kembang Gula
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Gambar 12.23 Minuman Kaleng
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

E. Bahan Aditif Lainnya pada Makanan

Bahan tambahan lainnya pada makanan sama pentingnya dengan bahan-bahan aditif yang telah dibicarakan. Misalnya, bahan pengatur keasaman (*asidulan*), antikempal, pemantap, pemucat, dan pengembang.

1. Bahan pengatur keasaman

Bahan pengatur keasaman atau *asidulan* adalah bahan tambahan untuk menjaga tingkat keasaman atau pemberi rasa asam pada makanan. Kadang, bahan pengatur keasaman mempunyai fungsi sekunder, yaitu sebagai pengawet, penegas rasa, dan pengemulsi.

Berikut ini adalah contoh bahan pengatur keasaman.

a. Garam asam kalium tartat digunakan pada produksi kembang gula dan coklat.
b. Amonium bikarbonat untuk menjaga keasaman coklat bubuk dengan ambang batas 50 g/kg.
c. Asam fosfat untuk menjaga keasaman udang kalengan dengan ambang batas 850 mg/kg. Akan tetapi, perlu hati-hati pada

bahan ini karena pemakaian yang berlebihan dapat mengikat mineral kalsium dalam tubuh yang menyebabkan terjadinya pengendapan dalam ginjal (batu ginjal).

d. Asam sitrat untuk menjaga keasaman minuman ringan dengan batas penggunaan secukupnya.

e. Bahan pengasam lainnya, seperti asam asetat, asam laktat, asam fumarat, dan asam malat.

Gambar 12.24 Kemasan Susu Bubuk
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

2. Bahan antikempal

Bahan antikempal digunakan untuk menjaga agar makanan tidak menggumpal. Contohnya,

a. Aluminium silikat merupakan bahan yang ditambahkan pada susu bubuk atau susu krim bubuk dengan ambang batas 1 g/kg.

b. Natrium alumino silikat adalah bahan yang ditambahkan pada garam meja, bumbu merica, dan susu bubuk dengan ambang batas 10 g/kg.

Gambar 12.25 Agar-agar
Sumber Gambar: http://henna96.files.wordpress.com

3. Bahan pemantap

Bahan pemantap digunakan untuk mengentalkan atau mengemulsi makanan. Contohnya, agar-agar, amonium algilat, dan gelatin.

Gambar 12.26 Kemasan Tepung
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

4. Bahan pemucat

Bahan pemucat (pemutih) digunakan pada produk tepung terigu, tepung beras, atau tepung tapioka. Cara bekerja bahan ini adalah mengoksidasi pigmen karotenoid (xantifil) menjadi bahan yang tidak berwarna (putih).

Selain itu, bahan ini mengoksidasi gugus sulfhidril dalam gluten (protein pada tepung terigu) menjadi ikatan disulfida yang berlapis-lapis. Lapisan-lapisan yang terbentuk berfungsi sebagai penahan gelembung udara sehingga roti mengembang.

Contoh bahan pemucat ini, antara lain benzoil peroksida, kalium bromat, kalium iodat, dan nitrosil klorida.

Gambar 12.27 Tapai
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

5. Bahan pengembang

Bahan pengembang digunakan untuk mengembangkan adonan kue. Cara kerjanya adalah dengan memproduksi gas asam arang (CO_2) yang membuat rongga-rongga pada adonan sehingga adonan mengembang. Beberapa contoh bahan pengembang, yaitu ragi dan natrium bikarbonat (soda kue).

Ragi merupakan bahan pengembang alami yang diperoleh dari jamur tertentu. Ada dua jenis ragi, yaitu

a. ragi yang dapat mengandung bakteri *saccharomyces cerevisae* yang dapat menguraikan karbohidrat (maltosa) menjadi glukosa dan akhirnya menjadi etanol (alkohol), seperti ragi untuk membuat tapai;

b. ragi yang mengandung bakteri *rhizopus orizae* atau *rhizopus sp* yang dapat menguraikan gluten (protein), seperti ragi untuk membuat tempe.

Gambar 12.28 Roti
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Fermipan adalah bahan sejenis ragi yang biasa digunakan untuk membuat roti, seperti kue donat. *Gluten* menyebabkan roti menjadi elastis dan kobehesif karena berisi CO_2.

Natrium bikarbonat merupakan bahan kimia yang berfungsi sebagai pengembang. Umumnya berbentuk tepung soda kue yang merupakan campuran natrium bikarbonat, garam aluminium sulfat, dan garam kalsium hidrofosfat.

Tugas Proyek

Proses Kerja Bahan Pengembang dan Pewarna Alami

Tujuan Mengamati proses kerja bahan tambahan pengembang dan pewarna alami.

Alat dan Bahan Tepung terigu 300 g;
daun suji atau kunyit;
air 100 cm^3;
gelas plastik;
satu bungkus ragi roti (misalnya, fermipan) atau soda kue;
kain kasa.

Petunjuk Kerja

1. Tumbuk daun suji sampai hancur (jika menggunakan kunyit, kenakan sarung tangan karena jika tidak, dapat membuat tangan menjadi berwarna kuning).
2. Isi gelas plastik dengan 100 cm^3 air dan masukkan tumbukan daun suji ke dalamnya.
3. Peras-peras daun suji agar larut dalam air.
4. Saring larutan daun suji dengan kain kasa ke gelas beaker II.
5. Tambahkan terigu pada gelas II dan aduk-aduk sampai menjadi adonan kue yang kempal.
6. Tambahkan ragi roti atau soda kue ke dalam adonan, aduk-aduk kembali sampai benar-benar rata.
7. Tutup gelas II ini dengan kain kassa yang agak basah dan diamkan selama kira-kira 1 jam.

Bahan Diskusi

1. Apa yang kamu lihat setelah tumbukan daun suji dilarutkan dalam air? Mengapa demikian?
2. Apa yang kamu lihat pada gelas II setelah air daun suji gelas I disaring? Mengapa harus disaring?
3. Bagaimana keadaan adonan terigu sebelum ditambahkan ragi roti? Adakah perubahan pada bentuk dan warnanya?
4. Bagaimana keadaan adonan setelah didiamkan? Adakah perubahan warna dan volume adonan itu? Mengapa demikian?
5. Apa yang dapat disimpulkan dari kegiatan di atas?

Catatan: Jika pada adonan ditambahkan gula, telur, mentega, dan garam maka adonan merupakan bahan pembuat kue yang enak.

6. Bahan pengeras

Bahan pengeras digunakan agar makanan menjadi keras dan tidak lembek. Contohnya, kalsium karbonat untuk selai dan jeli, serta alumunium sulfat untuk acar dalam botol.

Beberapa bahan kimia yang dilarang untuk ditambahkan pada makanan saji dapat dilihat pada tabel 12.5 berikut ini.

Gambar 12.29 Botol Selai
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Tabel 12.5 Bahan Tambahan yang Dilarang Penggunaannya dalam Makanan

Bahan Tambahan yang Dilarang Penggunaannya dalam Makanan
Asam borat (Boric Acid) dan senyawanya
Dietilpirokarbonat (DEPC)
Asam salisilat dan garamnya (*Salicylic Acid and its salt*)
Dulsin
Kalium Klorat (*Potassium Chlorate*)
Kloramfenikol (*Chloramphenicol*)
Minyak nabati yang dibrominasi (*Brominated vegetable oils*)
Nitrofurazon
Formalin (*formaldehyde*)

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.chem-is-try.org
forumkimia.multiply.com/journal/item/8/zat_aditif_makanan_formalin - 34k –

Uji Latih Diri 12.5

1. Mengapa agar-agar dan cincau dapat mengental? Bahan apa yang bekerja pada makanan tersebut?
2. Mengapa adonan tepung terigu dapat mengembang jika diberi soda kue?

F. Kedaluwarsa (*Expired Date*)

Meskipun sudah diawetkan, makanan tidak dapat tahan selamalamanya. Tentu ada batas waktu saat makanan itu tidak layak atau tidak boleh dikonsumsi lagi. Oleh sebab itu, tiap makanan yang diawetkan wajib mencantumkan batas waktu penggunaan.

Tanggal kedaluwarsa (*expired date*) adalah batas tanggal yang masih diperbolehkan untuk mengonsumsi makanan tersebut secara aman. Biasanya, tanggal kedaluwarsa ditulis pada kemasan makanan itu, yaitu di tempat yang jelas terlihat oleh konsumen. Misalnya, pada biskuit kalengan maka *ex.d.* ditulis di belakang atau di bagian bawah kaleng tersebut.

Contoh *ex.d.* yang tertulis pada makanan kalengan, yaitu *SEP.2009.3* berarti makanan boleh dikonsumsi sampai dengan tanggal 3 September 2009. Setelah tanggal itu, makanan sudah tidak layak dikonsumsi lagi.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.pikiran-rakyat.co.id/tak/2006/042006/06/cakrawala/utama02.htm - 19k
www.kaskus.us/showthread.php?t=640537 - 83k -

Uji Latih Diri 12.6

1. Mengapa kedaluwarsa makanan pada kemasan perlu dicermati sebelum membeli makanan tersebut?
2. Apa arti *expired date*? Untuk lebih jelasnya, coba kamu berikan contohnya.

Rangkuman

Zat yang ditambahkan dalam makanan untuk menyempurnakan makanan, seperti zat pewarna, pengawet, pemanis, penyedap, pengembang, pemutih, dan penggumpal merupakan zat aditif makanan. Makanan yang dapat disimpan dan tahan lama perlu ditambahkan bahan pengawet supaya makanan tidak cepat rusak. Akan tetapi, penggunaan bahan pengawet itu harus sesuai dengan ambang batas yang ditentukan.

Zat pewarna makanan dibagi dua, yaitu alami dan sintetis. Pewarna alami, seperti klorofil, kunyit, cabai merah, bit, dan wortel, sedangkan pewarna sintetis dibuat secara kimia, seperti biru berlian, anato, dan hijau FCF.

Pengawetan makanan dapat dilakukan secara fisik dan kimia. Pengawetan secara fisik, seperti mengeringkan, mengasinkan, membuat manisan, dan mengasap. Pengawetan secara kimia dengan menambahkan bahan pengawet pada makanan. Bahan pengatur keasaman (asidulan), antikempal, pemantap, pemucat, dan pengembang merupakan bahan tambahan yang ditambahkan dalam makanan.

Pemakaian bahan aditif harus sesuai dengan batas yang diperkenankan pada setiap makanan. Ambang batas pemakaian bahan kimia makanan menggunakan satuan bpj (bagian per juta) dan mg/kg. Makanan yang mengandung bahan kimia masih pada batas ambang batas akan meningkatkan kualitas makanan tersebut. Pemakaian bahan aditif yang berlebihan akan menimbulkan efek negatif, seperti gangguan pada kulit, otak, pencernaan, kerusakan hati, kerusakan ginjal, dan penyakit kanker.

***Expired date* pada setiap kemasan perlu diperhatikan sebelum kita membeli atau mengonsumsi makanan tersebut.**

Evaluasi Diri 12

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Zat aditif adalah zat yang ....
   a. diberikan pada tanaman agar lebih subur
   b. menyebabkan rasa ketagihan untuk mengonsumsinya
   c. ditambahkan untuk menyempurnakan makanan
   d. mempercepat proses pencernaan makanan
2. Bahan yang dikandung dan ditambahkan pada makanan disebut ....
   a. komposisi
   b. adisi
   c. ambang batas
   d. *expire date*

3. Fungsi pemberian zat pewarna pada makanan, yaitu sebagai berikut.
   1) Memperoleh penampilan yang menarik;
   2) memberi rasa manis pada makanan;
   3) memberi warna pada makanan;
   4) menentukan kualitas makanan.

   Pernyataan yang benar adalah ....
   a. 1), 2), dan 3)
   b. 1), 2), dan 4)
   c. 1), 3), dan 4)
   d. 2), 3), dan 4)
4. *Natural colour* pada makanan merupakan bahan ....
   a. pengawet secara fisik
   b. pengawet secara kimia
   c. pewarna buatan
   d. pewarna alami
5. Zat pewarna alami yang diambil dari kunyit dan menghasilkan warna kuning dinamakan ....
   a. klorofil
   b. kapxantin
   c. kurkumin
   d. karamel
6. Warna yang dihasilkan kapxantin pada pewarnaan makanan adalah ....
   a. merah
   b. hijau
   c. kuning
   d. coklat
7. Berikut ini adalah proses pengawetan makanan secara fisik, *kecuali* ....
   a. diasinkan
   b. diberi asam benzoat
   c. dikeringkan
   d. diasapi
8. Berikut ini adalah beberapa contoh bahan kimia yang digunakan untuk mengawetkan makanan.
   1) Asam benzoat;
   2) nisin;
   3) boraks;
   4) asam cuka.

   Bahan pengawet yang diperbolehkan untuk mengawetkan makanan adalah ....
   a. 1), 2), dan 3)
   b. 1), 2), dan 4)
   c. 1), 3), dan 4)
   d. 2), 3), dan 4)
9. Berikut ini adalah beberapa pemanis.
   1) Propil galat;
   2) sakarin;
   3) gula jawa;
   4) aspartam.

   Pemanis buatan ditunjukkan oleh nomor ....
   a. 1), 2), dan 3)
   b. 1), 3), dan 4)
   c. 2), 3), dan 4)
   d. 1), 2), dan 4)
10. Zat untuk menjaga tingkat keasaman dan pemberi rasa asam pada makanan disebut ....
    a. asidulan
    b. pengempal
    c. *flavor*
    d. *enhancer*
11. CRS adalah sejenis penyakit akibat penggunaan ... secara berlebihan.
    a. MSG
    b. UHP
    c. DEPC
    d. FDC

12. Berikut ini termasuk asidulan, *kecuali* ....
    a. amonium bikarbonat
    b. asam sitrat
    c. asam laktat
    d. aluminium silikat
13. Salah satu contoh bahan antikempal adalah ....
    a. amonium karbonat
    b. aluminium silikat
    c. kalium bromat
    d. gelatin
14. Pada kaleng buah awetan tertulis JUN.2008.10, artinya buah kaleng itu ....
    a. dikonsumsi setelah tanggal 10 Juni 2008
    b. akan diperiksa kembali pada tanggal 10 Juni 2008
    c. dikonsumsi sebelum tanggal 10 Juni 2008
    d. diberi kode produksi
15. Berikut ini pewarna makanan yang aman digunakan, *kecuali* ....
    a. black 7984
    b. biru berlian
    c. riboflavin
    d. anato

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Apa fungsi bahan pengawet makanan?
2. Apakah persamaan dan perbedaan antara penyedap rasa dengan penguat rasa?
3. Apa yang kamu ketahui mengenai MSG atau vetsin?
4. Bagaimanakah cara kerja bahan pengembang makanan?

BAB XIII

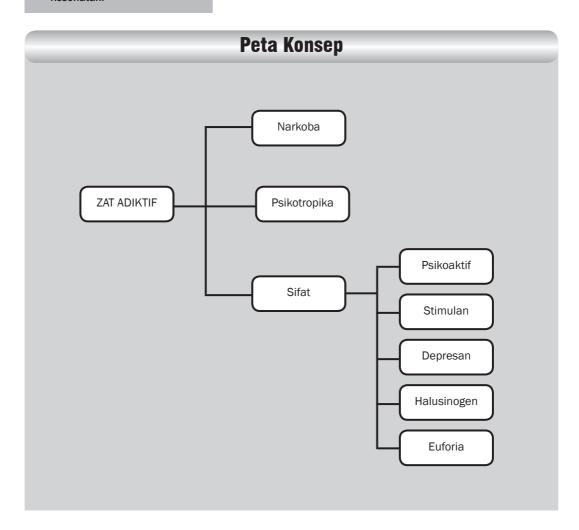
Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

1. mengidentifikasi dampak negatif zat adiktif dan psikotropika;
2. menunjukkan ciri-ciri fisik korban ketergantungan zat adiktif dan psikotropika;
3. mengidentifikasi cara pencegahan dan penyembuhan akibat penggunaan zat adiktif dan psikotropika;
4. mendata zat adiktif dan psikotropika dalam bidang kesehatan.

ZAT ADIKTIF DAN PSIKOTROPIKA

Peta Konsep

- ZAT ADIKTIF
  - Narkoba
  - Psikotropika
  - Sifat
    - Psikoaktif
    - Stimulan
    - Depresan
    - Halusinogen
    - Euforia

Gambar 13.1 **Drugs**
Sumber Gambar www.maljongkok.com/gambar/ACF9B87.jpg

Tentu kamu sering mendengar slogan "*say no drugs*"! Itu adalah salah satu slogan yang mengajak kita semua untuk mengatakan tidak pada drugs. Jangan coba-coba terhadap drugs karena banyak dampak negatif yang akan diterima jika menggunakannya.

A. ZAT ADIKTIF dan NARKOBA

1. Zat adiktif

Zat adiktif merupakan zat tambahan yang biasanya terdapat pada makanan, minuman, maupun obat–obatan. Pemakaian zat adiktif yang secara terus menerus akan menyebabkan adiksi atau ketagihan. Artinya, jika belum mengonsumsi bahan jenis ini maka perasaan aneh pada tubuh kita akan terjadi, seolah–olah ada sesuatu yang hilang. Perasaan demikian ditandai dengan gejala–gejala ringan, seperti mengantuk atau sakit kepala, tetapi dapat juga mengalami gangguan berat, misalnya seluruh tubuh terasa sakit atau pikiran menjadi kacau.

Zat adiktif yang akan dibahas di sini adalah zat yang menyebabkan adiksi ringan. Efek adiksinya disebut efek habituasi, yaitu efek adiksi karena kebiasaan. Contohnya, kopi, teh, rokok, dan alkohol.

Kata-Kata Kunci
(Key Words)

adiksi
adiktif
alkohol
depresan
depresi
halusinogen
halusinasi
hipertensi
insomnia
kafein
kontra indikasi
narkotika
nikotin
shakaw

a. Kopi dan teh

Kopi mengandung kafein yang dapat menimbulkan rangsangan terhadap susunan saraf pusat (otak), sistem pernapasan, sistem pembuluh darah, dan janin. Jika minum kopi sebanyak 1 sampai 2 cangkir, tubuh terasa segar, bergairah, daya pikir lebih cepat, tidak mudah lelah ataupun mengantuk. Efek ini menyebabkan orang sulit terlepas dari kebiasaan minum kopi. Pemakaian kafein secara berlebihan dapat menyebabkan luka pada lambung, kerusakan jantung, dan tekanan darah tinggi.

Gambar 13.2 Biji Kopi
Sumber Gambar: http://www.wakachiai.org/gallery/kopi-015-resize.jpg

Gambar 13.3 Teh
Sumber Gambar: http://www.ipteknet.id/ind/cakra_obat/gambar/teh.jpg

Selain kopi, teh juga mengandung kafein yang dapat mengakibatkan peningkatan kerja sistem saraf dan metabolisme dasar sehingga orang–orang yang mengalami hal semacam ini akan terasa gelisah dan sulit tidur (insomnia).

Kilasan IPA

Kopi

http://www.bambumuda.blogspot.com/2004/10/
Tidak ada fakta yang kuat mengenai penemuan biji kopi. Akan tetapi, sejarah membuktikan pemanfaatan kopi sejak delapan abad sebelum Masehi. Suku Galla dari Habsyi (Etiopia) memakan kopi di dalam lemak hewan sebagai satu-satunya sumber gizi selama dalam kafilah.

Al Mukkah (Moccha) di laut merah, satu-satunya pelabuhan ekspor kopi dunia selama seribu tahun. Penyebaran kopi dimulai secara ilegal karena membawa tumbuhan kopi ke luar negara muslim dilarang oleh pemerintahan Islam saat itu. Orang Belanda mencuri bibit kopi dari pelabuhan Moccha ke Sumatra dengan cara menempelkannya ke perut mereka, itu tanda babak Tanam Paksa Kopi di bawah kolonial dimulai. Perang sipil banyak meletus di Amerika Tengah akibat kebijakan kopi yang mematikan sumber ekonomi rakyat.

Di Jepang tidak ada yang namanya kopi ataupun *coffee*. Penemu kopi instan adalah seorang peneliti Jepang di Chicago, **Satori Kato**. *Ueshima Coffee Company* (UCC), sebuah perusahaan pelopor pengalengan kopi siap minum yang kini dijual umum .

Refleksi Diri

Jika ada ada temanmu yang mengajak merokok, apa yang kamu lakukan untuk menolak ajakan temanmu tanpa menyakiti perasaannya?

Gambar 13.4 Rokok
Sumber Gambar:
http://www.detikhot.com/content-images/abg/redevelop/popstyle

b. Rokok

Rokok berasal dari daun tembakau yang dikeringkan, mengandung nikotin dan tar. Pada saat seseorang menyalakan rokok akan dihasilkan gas CO, nikotin, dan tar yang berbahaya bagi si perokok itu sendiri dan orang sekitanrya sehingga akan menimbulkan bahaya primer dan bahaya sekunder.

Bahaya primer, yaitu bahaya yang mengancam perokok itu sendiri. Perokok menghisap asap rokok, kemudian mengeluarkannya kembali, tetapi pada saat dikeluarkan tidak semua asap rokok keluar melainkan ada yang terhisap masuk ke dalam tubuh. Bahaya sekunder, yaitu bahaya untuk orang lain yang berada di sekitar perokok. Rokok yang terus menyala akan terus mengeluarkan asap yang secara tidak sengaja akan terhirup oleh orang–orang yang berada di sekitar perokok tersebut.

Tahukah kamu bahwa dalam satu batang rokok terkandung berbagai zat yang berbahaya bagi kesehatan? Mari kita bahas zat-zat tersebut berikut ini.

1) Nikotin

Secara umum, nikotin bersifat depresan meskipun awalnya dapat bersifat stimulan. Seseorang yang menghisap rokok, pada mulanya nikotin akan merangsang syaraf otak (pusat syaraf) sehingga perasaan perokok itu lebih nyaman, santai, dan percaya diri. Setelah itu, nikotin akan mempengaruhi syaraf sehingga memperlambat kerja jantung, memperlambat kerja syaraf paru-paru, dan bahkan mengganggu kerja syaraf simpatik. Nikotin juga dapat menyebabkan adiksi (ketagihan) sehingga dapat membuat seseorang menjadi perokok tetap.

Pengaruh nikotin terhadap fisik manusia, yaitu mempersempit arteri, mempengaruhi pembuangan air seni dengan memengaruhi kelenjar hipofisa, mempengaruhi syaraf

ganglion, membuat penglihatan menjadi kabur, dan menambah sekresi (meningkatkan produksi) asam lambung sehingga menyebabkan penyakit tukak lambung. Pengaruh nikotin secara psikis (kejiwaan), yaitu membuat pemakai mengalami adiksi (ketagihan) sehingga berpengaruh terhadap fisik akan semakin hebat.

2) Gas CO

Gas monoksida (CO) yang dihasilkan rokok dapat ikut terserap tubuh sehingga menyebabkan berkurangnya kemampuan darah mengikat oksigen dari paru-paru. Hal ini terjadi karena karbon monoksida (CO) mengikat hemoglobin (Hb) dalam darah. Hb berfungsi sebagai pembawa oksigen ke seluruh tubuh. Akan tetapi, ketika CO masuk, Hb akan meninggalkan O_2 karena Hb lebih kuat berikatan dengan CO daripada O_2. Kadar CO tinggi berarti hemoglobin (Hb) mengikat CO makin banyak sehingga oksigen (O_2) yang dapat diikat dan dibawa Hb dalam aliran darah makin berkurang sehingga menyebabkan sesak napas, pingsan, dan kematian.

3) Tar

Tar adalah zat yang terdapat pada tembakau yang berbentuk seperti aspal. Tar dihasilkan oleh rokok dan tembakau untuk menyisik (sugi). Para perokok dan penyisik akan mempunyai gigi yang berwarna hitam akibat endapan tar tersebut. Jika tar ikut masuk ke dalam tubuh maka akan melekat pada paru-paru terutama pada gelembung udara dan tenggorokan. Endapan tar ini akan mengganggu kerja paru-paru sehingga terbentuk flek atau noda pada paru-paru yang akhirnya dapat menyebabkan kanker paru-paru.

c. Alkohol

Alkohol sering disebut *grain* alkohol yang merupakan senyawa kimia dengan rumus molekul C_2H_5OH atau etanol. Sifat fisik bahan ini adalah bening, tidak berwarna, mudah menguap, dan dapat larut dalam air. Alkohol dapat diperoleh dengan cara fermentasi (peragian) oleh mikroorganisme ragi terhadap gula, sari buah, biji-bijian, madu, umbi-umbian, dan bahkan getah kaktus.

Penggolongan jenis alkohol berdasarkan persentase etanol dalam suatu larutan. Misalnya, pada minuman ringan (*soft drink*) mengandung 4% *etanol*, bir mengandung 7%, anggur mengandung 12%, *champagne* mengandung 15%, *brandy* mengandung 40%, dan *whiskey* mengandung 60% etanol.

Alkohol termasuk stimulan sekaligus depresan. Pada penggunaan dengan jumlah tertentu, alkohol akan merangsang seseorang menjadi sangat bersemangat, lebih berani, menghilangkan rasa letih, dan merasa lebih bebas. Akibatnya, tingkah laku pengguna alkohol menjadi tidak terkendali, seenaknya, berbicara sendiri dan bertindak dengan bebas.

Penggunaan alkohol yang berlebihan dapat menyebabkan depresan, yaitu memperlambat kegiatan tubuh, otot menjadi kendur, lemas, loyo, mengantuk, dan akhirnya tertidur di mana saja tanpa sadar, bahkan dapat mengakibatkan kematian.

Alkohol juga dapat menimbulkan kecanduan atau ketagihan (adiksi). Pada saat tertentu, tubuh akan meminta untuk mengonsumsi alkohol lagi, yaitu ditandai dengan munculnya gejala-gejala sakit pada bagian-bagian tubuh tertentu. Hal ini menyebabkan pemakaian dilakukan terus menerus. Tentu saja, hal itu akan mengakibatkan kerusakan fisik dan psikis yang semakin parah.

Penyakit yang sering timbul pada seorang *alcoholic* (pecandu minuman beralkohol), yaitu kanker hati (*sirosis* hati); peradangan selaput lendir lambung; kanker mulut, tenggorokan dan *esofagus;* penurunan daya tahan terhadap penyakit; mengurangi nafsu makan; merusak otak dan sistem syaraf.

Tokohku

William T. G. Morton (1819–1868)

Sumber: http://media.isnet.org/iptek/100/Morton.htm

William Thomas Green Morton lahir di Cahrlton, Massachusetts, 1819. Pada saat muda, dia belajar pada jurusan pembedahan gigi akademi Baltomore. Tahun 1842, dia tetap membuka praktek dokter gigi. Pada tahun 1842 dan 1843, dia bekerja sama dengan Horace Wells.

Pada tanggal 30 September 1846, Morton mencoba penggunaan eter pada seorang pasien untuk membius dan mencabut giginya. Peristiwa tersebut berhasil. Kemudian, 16 Oktober 1846, Morton membius seorang pasien yang akan melakukan operasi tumor leher. Dengan disaksikan sejumlah dokter dan mahasiswa kedokteran, pembiusan tersebut berhasil dengan sukses. Persitiwa tersebut merupakan peristiwa yang sangat penting bagi bidang kedokteran.

Gambar 13.5 William T. G. Morton
Sumber Gambar: http://www.library.ucla.edu/biomed/his/painexhibit/images/morton.jpg

2. Narkoba

Narkotika dan obat-obat berbahaya sudah menjadi masalah nasional bahkan internasional. Korban-korban terus berjatuhan walaupun penanggulangannya terus menerus dilakukan.

Apakah yang dimaksud narkotika dan obat-obat berbahaya itu? Bagaimana dampaknya terhadap fisik dan mental pemakainya? Pertanyaan itu harus dapat diketahui jawabannya terutama untuk diri sendiri agar dapat terhindar dari pengaruh barang tersebut.

a. Narkotika

Kata “narkotika” berasal dari bahasa Yunani “narke“yang artinya beku, lumpuh, dan dungu. Narkotika merupakan zat atau obat yang berasal dari tanaman atau bukan tanaman, baik sintesis maupun semisintesis yang dapat menimbulkan, seperti pembiusan, hilangnya

rasa sakit, rangsangan semangat, halusinasi atau timbulnya khayalan–khayalan yang menyebabkan efek ketergantungan bagi pemakainya.

Untuk lebih jelasnya, jenis–jenis narkotika akan dibahas berikut ini.

Opioda atau opiat berasal dari kata opium, jus dari bunga *opium*, *papaver somniverum* yang mengandung kira–kira 20 alkaloid opium termasuk morfin.

Bahan–bahan opioida yang sering digunakan adalah

1) Candu;

Candu berasal dari getah tanaman *papaver somniferum* yang diolah menyerupai aspal lunak. Candu mengandung zat–zat aktif yang sering disalahgunakan. Candu juga diperjualbelikan dalam kemasan kotak kaleng dengan berbagai macam cap, antara lain ular, tengkorak, burung elang, bola dunia, dan cap 999. Pemakaiannya dengan cara dihisap.

2) Morfin;

Hasil olahan dari opium/candu mentah yang berbentuk tepung halus berwarna putih atau dalam bentuk cairan berwarna dengan rasa pahit. Pemakaiannya dengan cara dihisap dan disuntikkan.

3) Heroin;

Biasanya ditemukan dalam pil, bubuk, dan juga cairan. Nama lainnya adalah pe-te, putih, bedak, putaw, dan etep. Seseorang yang ketergantungan heroin disebut *"chosing the dragon".*

Efek pemakaian heroin, yaitu kejang–kejang, mual, hidung dan mata selalu berair, kehilangan nafsu makan dan cairan tubuh, mengantuk, bicara tidak jelas dan tidak dapat berkonsentrasi.

4) Codein;

Codein termasuk garam candu. Dijual dalam bentuk pil atau garam jenuh. Cara pemakaiannya ditelan dan disuntikkan.

5) Demerol;

Pemakaiannya ditelan/disuntikkan. Dijual dalam bentuk pil dan cairan tidak berwarna.

6). Methadone.

Banyak digunakan orang dalam pengobatan ketergantungan opioda.

Efek yang ditimbulkan adalah

- ketidakjelasan dalam berbicara;
- kerusakan pengihatan pada malam hari;
- kerusakan pada liver dan ginjal;
- peningkatan risiko terkena virus HIV, hepatitis, dan penyakit jantung;
- kematian karena *over dosis.*

Gambar 13.6 Putaw
Sumber Gambar: http://www.nusaindah.tripod.com/kesejenisnarkoba.htm

Gambar 13.7 Codein
Sumber Gambar: http://www.cybermed.cbn.net.id/jenisnarkoba.asp

Gambar 13.8 Demerol
Sumber Gambar: http: //www.cybermed.cbn.net.id/jenisnarkoba.asg

Gambar 13.9 Methadone
Sumber Gambar: http://www.cybermed.cbn.net.id/jenisnarkoba.asp

Gambar 13.10 Kokain
Sumber Gambar http://www.vecernji-list.hr/system/galleries/pics/050412/kokain-txt.jpg

Gambar 13.11 Canabis
Sumber Gambar http://www.cybermed.cbn.net.id/jenisnarkoba.asp

Gejala pecandu putus opioda akan mengalami kram otot, nyeri tulang, kram perut, mudah menguap, demam, dilatasi pupil, hipertensi, insomnia, kegelisahan, iritabilitas, depresi, lelah, mual, dan muntah–muntah.

b. Kokain

Kokain didapatkan dari tanaman belukar *erythroxylon coca* yang berasal dari Amerika Selatan. Daun tanaman belukar ini biasanya dikunyah oleh penduduk setempat untuk mendapatkan efek stimulan.

Efek yang ditimbulkan akibat menggunakan kokain, yaitu

1) menjadi bersemangat, gelisah dan tidak bisa diam, tidak bisa makan, paranoid (suka curiga), lever terganggu, tidak bisa tidur (cenderung terus beraktivitas), tetapi akan sulit berpikir dengan baik;
2) merusak otot jantung dan menyebabkan kematian;
3) impoten;
4) berat badan menyusut, kejang–kejang, halusinasi, paranoid, dan kerusakan ginjal.

Gejala pecandu yang putus obat cenderung bunuh diri.

c. Canabis

Canabis dikenal dengan nama *tetrahidrocana hidrol*, jenis tanaman yang dikeringkan dengan efek dapat membuat pemakainya mejadi teler atau *fly*. Canabis dikenal dengan sebutan ganja, merijuana, grass, pet, weed, tea, dan mary jane. Nama lain untuk menggambarkan tipe canabis dalam berbagai kekuatan adalah hemp, chasra, bhang, dagga, dinsemilla, dan cimenk.

Efek penggunaan canabis, seperti mata akan terlihat sembab atau kantong mata terlihat bengkak, merah berair, sering bengong, pendengaran seperti berkurang, sulit berpikir, perasaan gembira dan selalu tertawa, cepat menjadi marah, dan tidak bergairah.

3. Psikotropika

Psikotropika adalah zat adiktif yang murni disintesis oleh manusia. Zat adiktif ini berkhasiat psikoaktif melalui pengaruh selektif pada susunan saraf pusat yang menyebabkan perubahan pada aktivitas mental dan perilaku. Psikotropika dapat menurunkan aktivitas otak atau merangsang susunan syaraf pusat, menimbulkan kelainan perilaku, yang disertai dengan timbulnya halusinasi (mengkhayal), ilusi, gangguan cara berpikir, perubahan alam perasaan, dan menyebabkan kertergantungan, serta mempunyai efek stimulasi (merangsang) bagi para pemakainya.

Jenis – jenis psikotropika akan dibahas berikut ini.

a. Ecstasy

Ecstasy dikenal dengan nama inex, I, dan kancing. Biasanya berbentuk tablet dan kapsul. Jenis ecstasy yang populer beredar di masyarakat, yaitu *alladin, apel, electric,* dan *butterfly.*

Efek penggunaan ecstasy mengakibatkan tubuh berenergik, tetapi mata sayu dan pucat, berkeringat, tidak bisa diam, susah tidur, kerusakan saraf otak, dehidrasi (kurang cairan), gangguan lever, tulang dan gigi lepas, kerusakan saraf mata, tidak nafsu makan, mual, dan muntah–muntah.

Gejala pecandu yang putus obat akan cepat marah, tidak tenang, cepat lelah, tidak besemangat, dan ingin tidur terus.

Gambar 13.12 Ectasy
Sumber Gambar http://www.cybermed.cbn.net.id/jenisnarkoba.asp

b. Sabu–sabu

Nama aslinya *methamphetamine,* berbentuk kristal seperti gula atau bumbu penyedap masakan. Jenisnya, *gold river,* coconut*,* dan kristal. Ditemukan dalam bentuk kristal, tidak mempunyai warna, dan bau. Dikenal dengan julukan *glass*, *quartz, hirropon,* dan *Ice Cream*.

Sabu–sabu dikonsumsi dengan cara membakarnya di atas aluminium foil sehingga mengalir dari ujung satu ke arah ujung yang lain. Kemudian, asap yang ditimbulkannya dihirup dengan sebuah Bong (sejenis pipa yang didalamnya berisi air). Air bong tersebut berfungsi sebagai filter karena asap kering pada waktu melewati air tersebut. Ada sebagian pemakai yang memilih membakar sabu–sabu dengan pipa kaca karena takut efek jangka panjang yang mungkin ditimbulkan aluminium foil yang tertutup.

Efek yang ditimbulkan bagi penggunanya seperti menjadi, tidak tenang, cepat lelah, tidak bersemangat, dan ingin tidur terus. Gejala pecandu yang putus obat ini, yaitu cepat marah, tidak tenang, cepat lelah, dan tidak bersemangat.

Penggunaan narkotika, psikotropika, dan zat adiktif tanpa pengawasan dan petunjuk dokter dapat mengakibatkan dampak yang buruk bagi sistem saraf manusia. Obat yang digunakan manusia atas petunjuk dokter mempunyai indikasi, kerja ikutan, dan kontra indikasi.

Gambar 13.13 Sabu – Sabu
Sumber Gambar http://www.cybermed.cbn.net.id/jenisnarkoba.asp

1) Indikasi, artinya petunjuk yang menyatakan khasiat obat tersebut, misalnya indikasi untuk menyembuhkan batuk, asma, pilek, dan menambah nafsu makan.
2) Kerja ikutan menjelaskan pengaruh yang ditimbulkan obat di samping khasiat obat. Misalnya, membuat mulut menjadi kering atau mengantuk.
3) Kontra indikasi menjelaskan waktu dan kondisi, bagaimana suatu obat tidak boleh digunakan. Misalnya, dilarang digunakan untuk perempuan yang sedang hamil atau tidak dianjurkan untuk mereka yang lemah jantung.

Dalam pemberian obat-obatan tersebut, ada batasan yang dikenal dengan ADI (*Acquared Dailiy Intak*e), yaitu batas pemberian obat dalam sehari dengan satuan mg. Ketiga jenis bahan di atas mempunyai pengaruh berbeda sehingga digolongkan sebagai berikut.

1) Obat psikoaktif

Obat psikoaktif adalah obat yang digunakan di bidang ilmu kedokteran jiwa untuk mengobati penyakit mental dan syaraf.

2) Stimulan

Stimulan adalah golongan obat yang dapat membuat orang lebih aktif, lebih kuat bekerja, menghilangkan kantuk, menggugah semangat, dan memberikan perasaan tersedianya tenaga tanpa batas.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
nusaindah.tripod.com/narkoba.htm - 28k
www.infonarkoba.com/ - 15k

3) Depresan

Depresan adalah jenis obat penenang, yaitu obat yang dapat menurunkan ketegangan saraf manusia. Biasanya digunakan pada pengobatan penyakit kejiwaan.

4) Halusinogen

Halusinogen adalah jenis obat yang menimbulkan halusinasi pada pemakainya. Orang yang terkena halusinasi akan merasa ringan seolah-olah melayang dan diikuti oleh perasaan yang penuh kenikmatan.

5) Euforia

Euforia adalah obat yang memberi rasa gembira pada pemakainya.

Kegiatan Ilmiah 13.1

Pengenalan Bahan Indikasi, Kontra Indikasi, dan Kerja Ikutan

Tujuan Dapat mengenal dan menyebutkan indikasi, kontra indikasi, dan kerja ikutan.

Alat dan Bahan Beberapa kemasan (bungkus) obat-obatan (tiap kelompok paling sedikit 3 bungkus).

Petunjuk Kerja

1. Perhatikan tulisan-tulisan yang tercantum pada kemasan obat itu.
2. Tentukan jenis obat, kemudian temukan tulisan yang memuat keterangan mengenai indikasi, kontra indikasi, dan kerja ikutan pada kemasan obat itu.
3. Salin keterangan-keterangan pada langkah kedua di buku catatanmu.
4. Salin juga bahan-bahan yang dikandung obat itu.

Bahan Diskusi

1. Apakah nama obat itu?
2. Bagaimana indikasi dari obat itu?
3. Bagaimana kontra indikasi dari obat itu?
4. Bagaimana kerja ikutan yang tercantum pada kemasan obat itu?
5. Catat bahan-bahan kimia yang dikandung obat itu lengkap dengan ukurannya.
6. Termasuk jenis obat stimulan, depresan, halusinogen, atau jenis lainnyakah obat itu? Apa alasannya?
7. Apakah semua kemasan obat mencantumkan hal-hal di atas?

Uji Latih Diri 13.1

1. Zat-zat apa sajakah yang terkandung dalam rokok?
2. Apa pengaruh buruk minuman beralkohol terhadap jiwa peminumnya?

B. PENCEGAHAN DAN PENGOBATAN NARKOBA

1. Pencegahan terhadap narkoba

Demikian hebatnya akibat yang ditimbulkan penggunaan narkoba yang tidak diawasi dokter sehingga harus dapat mencegah dan menghindarinya. Pencegahan yang dapat dilakukan, yaitu pencegahan secara pribadi, keluarga, lingkungan, dan pencegahan umum.

a. Pencegahan pribadi

Dalam hal ini, diri kita sendiri yang harus dapat mencegah agar terhindar dari pengaruh bahkan menjadi korban narkoba. Caranya, hindari kebiasaan merokok karena pada umumnya korban narkotika dimulai dengan menghisap rokok. Berhati-hati dalam pergaulan, baik dalam memilih teman maupun lingkungan, serta kuat iman kita kepada Tuhan Yang Maha Esa.

b. Pencegahan keluarga

Terjadinya komunikasi yang baik di antara anggota keluarga, membuat rumah menjadi tempat berlindung yang aman untuk semua anggota keluarga sehingga dapat mencegah pengaruh buruk dari luar rumah.

c. Pencegahan lingkungan

Lingkungan yang baik sangat tepat untuk mencegah datangnya pengaruh narkoba. Pemimpin lingkungan harus peka dan waspada serta mampu menangkap gejala-gejala yang terjadi agar wilayahnya bebas dari bahaya narkoba. Jika terdapat warga yang dicurigai berhubungan dengan narkoba, segera diantisipasi.

d. Pencegahan umum

Pencegahan secara nasional dan internasional. Pemerintah Indonesia telah mengeluarkan undang-undang yang berhubungan dengan narkotika.

2. Pengobatan pecandu narkoba

Pengobatan korban narkotika akan berlangsung sangat lama. Jika tidak serius dalam menjalani pengobatan, sangat kecil kemungkinan berhasil.

Mula-mula, lakukan dengan memutus pemberian narkoba secara bertingkat sampai kecanduannya berkurang sedikit demi sedikit hingga akhirnya hilang sama sekali. Pada periode ini, pengobatan paling sulit dilakukan karena di samping harus tegas terhadap pecandu, pecandu itu sendiri juga harus mempunyai tekad yang kuat untuk sembuh. Jika syarat itu tidak dipenuhi maka sangat sulit kemungkinan untuk sembuh.

Langkah kedua adalah penyembuhan mental dan fisik. Fisik yang rusak akibat narkotika harus diobati agar kembali sehat walaupun bagi pecandu yang sudah berat, kesehatan ini sangat sulit kembali seperti sediakala. Upaya yang dilakukan untuk memperbaiki kesehatan mental, misalnya dengan mengajaknya lebih dekat kepada Sang Pencipta. Kemudian, jauhkan dari lingkungan yang membuatnya menjadi seorang pecandu narkotika.

3. Menghindarkan diri dari narkoba

Gambar 13.14 Poster Antinarkoba
Sumber Gambar: www.nusantara.s5.com/karikatur.html/narkoba.gif

Ada beberapa hal yang dapat dilakukan agar terhindar dari godaan narkoba.

a. Dapatkan informasi tentang bahaya narkoba dari koran, majalah, seminar, dan lain-lain.
b. Persiapkan diri/mental untuk menolak jika ditawarkan. Intinya, kamu harus bertekad untuk menolak dulu.
c. Belajar berkata “tidak” jika mendapat tawaran narkoba.
   1) Siapkan alasan yang bisa dipakai dari yang lucu sampai yang seram.
   2) Alihkan topik pembicaraan jika kamu mulai disudutkan dengan tawaran.
   3) Jika teman kamu terus memaksa juga, segera tinggalkan tempat itu. Kamu perlu mencari teman baru yang ‘bersih’. Teman yang baik jelas tidak akan memaksa kamu memakai narkoba.
d. Memiliki cita – cita dalam hidup ini sehingga hidupmu mempunyai arah dan tujuan.
e. Lakukan kegiatan positif yang dapat membantu kamu agar lebih percaya diri; lebih mandiri; lebih berprestasi.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.bnn.go.id/konten.php?nama=ArtikelCegah&op=detail_artikel_&id=47&mn=2&smn=e - 57k
www.infonarkoba.com/ - 15k

Tugas Proyek

Akibat Fisik dan Psikis Pecandu Narkoba

Tujuan Lebih mengenal akibat fisik dan psikis pecandu narkoba.

Alat dan Bahan Surat kabar, majalah, brosur, dan tulisan-tulisan tentang korban narkoba.

Petunjuk Kerja

1. Cari dan kumpulkan koran atau majalah, brosur, serta tulisan-tulisan mengenai korban narkoba di rumah atau lingkungan sekitar rumah.
2. Gunting atau salin (difoto copy) dengan baik dan benar semua tulisan atau foto-foto yang berhubungan dengan narkoba.
3. Kemudian, kumpulkan semua guntingan dan salinan tersebut. Buat menjadi suatu bentuk kliping yang bagus.

Bahan Diskusi

1. Apa akibat buruk narkotika terhadap kondisi fisik pemakainya?
2. Apa akibat buruk narkotika terhadap kondisi psikis pemakainya?
3. Adakah akibat-akibat buruk narkotika yang lain?
4. Bagaimana cara mengatasi hal-hal buruk di atas?
5. Buat suatu kliping dari guntingan-guntingan tulisan yang telah kalian kumpulkan.

Uji Latih Diri 13.2

1. Apa yang kamu lakukan untuk mencegah berkembangnya pemakaian narkoba di generasi muda?
2. Lingkungan dapat mencegah pengaruh narkoba pada setiap pribadi. Apa arti dari pernyataan tersebut?

Rangkuman

Kopi, teh, rokok, dan alkohol dapat menimbulkan efek habituasi, yaitu efek adiksi karena kebiasaan. Hal itu dikarenakan adanya zat adiktif pada kopi dan teh, yaitu kafein, nikotin, dan tar pada rokok. Zat – zat tersebut menimbulkan rangsangan susunan saraf otak, pernapasan, pembuluh darah serta janin sehingga menyebabkan kerusakan fisik dan psikis yang semakin parah.

Narkotika dan psikotropika merupakan zat yang dapat menyebabkan efek ketergantungan bagi pemakainya, timbulnya rangsangan semangat, halusinasi / khayalan, pembiusan, dan hilangnya rasa sakit. Jenis obat – obatan tersebut ada yang berbentuk pil, tablet, bubuk, dan cairan. Pemakaiannya dapat dilakukan dengan cara ditelan, dihisap, dan disuntikkan.

Narkoba berdampak terhadap fisik dan mental pemakainya, seperti hitamnya gigi, kejang – kejang, hipertensi, insomnia, depresi, gangguan ginjal, dan hati serta kematian. Kita harus mencegah dan menghindari pemakaian obat – obat tersebut dengan melakukan pencegahan secara pribadi, keluarga, lingkungan, dan pencegahan umum.

Evaluasi Diri 13

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Obat yang membuat orang menjadi lebih aktif, lebih kuat bekerja, dan menggugah semangat sehingga merasa tidak lelah digolongkan sebagai ....
   a. euphoria
   b. *depresan*
   c. stimulan
   d. psikoaktif

2. Halusinogen adalah obat yang menyebabkan pemakainya akan merasa ....
   a. kuat, aktif, dan tidak lelah
   b. tenang, tidak stres, dan percaya diri
   c. gembira, bergairah, dan tidak mengalami hambatan
   d. ringan, nikmat, dan melayang-layang ringan

3. Kafein adalah zat adiktif yang terdapat dalam ....
   a. teh
   b. tembakau
   c. alkohol
   d. asam sitrat

4. Suatu zat adiktif mempunyai sifat sebagai berikut.
   1) Senyawa organik yang mengandung nitrogen;
   2) berwujud cairan bening;
   3) jika terkena udara akan berwarna kecoklatan;
   4) menyebabkan adiksi.

   Zat tersebut adalah ....
   a. kafein
   b. nikotin
   c. stimulan
   d. diazepam

5. Berikut ini pernyataan-pernyataan tentang alkohol.
   1) Mempunyai rumus molekul C_2H_5OH;
   2) dapat larut dalam air;
   3) berwarna;
   4) diperoleh dengan fermentasi.

   Pernyataan yang benar adalah ....
   a. 1), 2), dan 3)
   b. 1), 3), dan 4)
   c. 1), 2), dan 4)
   d. 2), 3), dan 4)

6. Berikut ini yang termasuk golongan *generalized depresan* adalah ....
   a. kokain
   b. LSD
   c. amphetamine
   d. volatile

7. Suatu obat psikotropika yang digunakan untuk menekan nafsu makan, pengobatan narkolepsi, dan depresi adalah ....
   a. *generalized depresan*
   b. halusinogen
   c. stimulan
   d. euphoria

8. Beberapa obat terlarang, seperti LSD, canabis, marijuana, dan *hashish* termasuk obat jenis ....
   a. halusinogen
   b. stimulan
   c. depresan
   d. *generalized depressan*

9. *Acquired Daily Intake* (ADI) adalah ukuran ....
   a. jumlah zat pengawet yang aman pada makanan
   b. batas pemberian obat dalam sehari dengan satuan mg
   c. yang aman untuk mengonsumsi obat dengan tanggal tertentu
   d. jumlah mg obat yang diberikan untuk sekali minum

10. Berikut ini adalah beberapa akibat penggunaan narkotika, *kecuali* ....
    a. mengganggu kerja paru-paru karena endapan tar
    b. menimbulkan adiksi yang tidak tertahankan
    c. menimbulkan toleransi
    d. menumpulkan saraf pada tubuh

11. Tanaman ganja termasuk ....
    a. narkotika golongan I
    b. narkotika golongan II
    c. *generalized depresan*
    d. stimulan

12. Gejala putus narkotika akan menimbulkan
    1) semangat;
    2) gelisah;
    3) sukar tidur;
    4) hidup sehat.

    Pernyataan yang benar adalah ....
    a. 1) dan 2)
    b. 1) dan 3)
    c. 2) dan 3)
    d. 2) dan 4)

13. Berikut ini beberapa penyakit akibat kebiasaan minum alkohol, *kecuali* ....
    a. sirosis hati
    b. kanker mulut
    c. merusak saraf
    d. batuk terus-menerus

14. Pengaruh nikotin terhadap fisik manusia adalah
    1) penyempitan arteri;
    2) penglihatan menjadi kabur;
    3) tidur nyenyak;
    4) tubuh semakin gemuk.

    Pernyataan yang benar adalah ....
    a. 1) dan 2)
    b. 1) dan 3)
    c. 2) dan 3)
    d. 2) dan 4)

15. Khasiat suatu obat yang dicantumkan dalam kemasan obat disebut ....
    a. kontra indikasi
    b. indikasi
    c. kerja ikutan
    d. *expire date*

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Mengapa alkohol termasuk stimulan sekaligus depresan? Apa contohnya?
2. Apakah pengaruh buruk alkohol terhadap jiwa (mental) peminumnya?
3. Apakah akibat-akibat buruk penggunaan obat *generalized depresan* jika tanpa petunjuk atau pengawasan dokter?
4. Bagaimana cara mengobati penderita narkotika?

BAB XIV

Tujuan

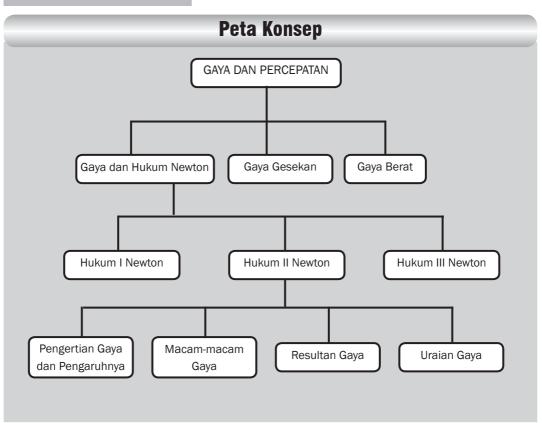
Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

1. menggambarkan gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda secara proporsional;
2. melukiskan penjumlahan gaya dan selisih gaya-gaya segaris maupun yang searah;
3. menyebutkan macam-macam gaya;
4. mengenali gejala hukum Newton I, II, dan III dalam kehidupan sehari-hari;
5. mengukur berat dan massa suatu benda;
6. menemukan percepatan gravitasi dari tabel dan grafik antara berat dan massa;
7. menjelaskan arti inersia.

GAYA DAN PERCEPATAN

Peta Konsep

GAYA DAN PERCEPATAN

- Gaya dan Hukum Newton
  - Hukum I Newton
  - Hukum II Newton
    - Pengertian Gaya dan Pengaruhnya
    - Macam-macam Gaya
    - Resultan Gaya
    - Uraian Gaya
  - Hukum III Newton
- Gaya Gesekan
- Gaya Berat

Gambar 14.1 **Tolak Peluru**
Sumber Gambar: www.dyestat.com

Pernahkah kamu melihat seorang atlet tolak peluru yang sedang menolak peluru dengan telapak tangannya? Bagaimana bentuk lintasan peluru itu? Atlet tersebut dikatakan telah memberi gaya pada peluru sehingga peluru dapat bergerak. Pada saat bergerak ke bawah, gerak peluru semakin cepat.

Apakah gaya itu? Apa pengaruh gaya terhadap percepatan gerak peluru? Jika peluru ditolak ke atas, apakah gerakannya juga semakin cepat? Mengapa demikian? Adakah hubungan antara gaya dan percepatan? Mari kita bahas lebih lanjut pada bab berikut ini.

A. Gaya

1. Pengertian gaya dan pengaruhnya

Kata gaya sangat sering didengar dalam kehidupan sehari-hari. Coba kamu sebutkan, gaya apa saja yang kamu ketahui. Apa arti gaya dalam ilmu fisika? Penasarankah kamu? Mari kita lakukan kegiatan berikut ini untuk lebih memahaminya.

Kata-Kata Kunci *(Key Words)*

dinamometer
inersia
berat
gaya
koefisien gesekan
massa
percepatan

Kegiatan Ilmiah 14.1

Gaya dan Pengaruhnya

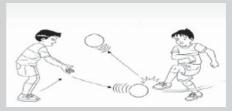
Tujuan Menunjukkan pengaruh gaya.

Alat dan Bahan Balok kayu kecil yang diikat tali, botol plastik lunak, dan bola karet.

Petunjuk Kerja

1. Letakkan balok kayu di lantai atau meja. Kemudian, tarik balok dengan tali yang ada. Bagiamana keadaan balok itu?
2. Pegang botol plastik, kemudian tekan botol dengan ibu jari dan jari telunjukmu (Kamu harus berhati-hati dalam menekannya, jangan sampai jarimu terluka). Bagaimana bentuk botol sekarang?
3. Gelindingkan bola karet ke arah temanmu. Kemudian, minta temanmu untuk menendang bola itu ke arah lain (jika dilakukan di dalam kelas, usahakan tendangan tidak terlalu keras). Apa yang terjadi pada bola tersebut?

Balok Kayu yang Berada di Meja Ditarik dengan Tali

Botol Plastik Ditekan dengan Ibu Jari dan Telunjuk

Bola Karet Ditendang ke Arah yang Berbeda dengan Arah Datangnya Bola

Bahan Diskusi

1. Bagaimana keadaan balok kayu sebelum dan sesudah ditarik? Jika tarikanmu terhadap balok adalah gaya yang diberikan pada balok, apa pengaruh gaya terhadap balok? Apakah tanganmu menempel pada tali?

2. Bagaimana keadaan botol plastik setelah ditekan oleh jarimu? Jika tekanan jarimu merupakan gaya dari jari terhadap botol, apa pengaruh gaya terhadap botol plastik? Apakah jarimu menempel pada botol selama menekan?
3. Jika tendangan temanmu adalah gaya yang bekerja terhadap bola, apa pengaruh gaya terhadap bola? Apakah kaki temanmu menyentuh bola saat menendang?
4. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan kegiatan di atas, apa yang menyebabkan adanya perubahan terhadap benda? Sesuatu berupa dorongan atau tarikan yang menyebabkan perubahan keadaan benda disebut gaya. Gaya dapat mengakibatkan perubahan

a. laju gerak benda;
b. arah gerak;
c. bentuk benda.

Pengaruh gaya pada suatu benda ditentukan oleh arah dan besar gaya. Untuk menunjukkan besar dan arahnya, gaya digambarkan dengan anak panah. Titik pangkal anak panah adalah titik tangkap gaya, arah panah adalah arah gaya, garis yang dilalui panah disebut garis kerja gaya, sedangkan panjang anak panah menunjukkan nilai gaya.

Contoh Soal 14.1

Soal

Di titik *A* bekerja gaya 10 Newton ke kanan dan di titik *B* bekerja gaya 5 Newton ke kiri.

Bagaimana gambar gaya-gaya yang bekerja pada titik *A* dan titik *B* tersebut?

Pembahasan

Gaya yang bekerja di *A* dan *B* dapat digambarkan sebagai berikut.

A = titik tangkap F_1
B = titik tangkap F_2

$$\text{Panjang } BF_2 = \frac{1}{2} \times \text{ panjang } AF_1$$

Apakah gaya dapat diukur? Bagaimana caranya? Neraca pegas (Dinamometer) adalah salah satu alat untuk mengukur gaya. Satuan gaya dalam SI adalah Newton (N) dan dyne (dn). *1 Newton adalah besar gaya yang dapat memberikan percepatan sebesar 1 m/s² pada benda yang massanya 1 kg.* 1 N = 1 kg m/s^2. Bagaimana dengan 1 dyne? Apa definisi dari 1 dyne? Satuan gaya yang lain adalah *gramforce* (gf) dan *kilogramforce* (kgf).

Gambar 14.2 Dinamometer
Sumber Gambar: www.anglerscorner.co.uk

2. Macam-macam gaya

Macam-macam gaya yang dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, seperti:

a. gaya otot, misalnya gaya yang bekerja pada meja ketika kamu menggeser meja;
b. gaya pegas, misalnya gaya pada karet katapel yang dapat melontarkan batu;
c. gaya mesin, misalnya gaya pada mesin mobil yang dapat menggerakkan mobil;
b. gaya magnet, misalnya gaya pada magnet sehingga dapat menarik paku atau bahan dari besi lainnya;
c. gaya listrik, misalnya gaya pada penggaris plastik yang telah digosok dengan rambut kering sehingga penggaris plastik dapat menarik potongan-potongan kertas kecil;
d. gaya gravitasi, misalnya gaya gravitasi bumi yang menarik benda di permukaan bumi sehingga benda selalu jatuh ke bawah.

Gambar 14.3 Contoh Gaya-gaya dalam Kehidupan Sehari-hari

3. Paduan gaya (resultan gaya)

Dua gaya atau lebih yang bekerja pada sebuah benda dalam satu garis kerja dapat diganti dengan sebuah gaya pengganti. Gaya pengganti ini disebut dengan resultan (paduan) gaya yang diberi simbol *R*.

Catatan: Notasi gaya seharusnya $(\overline{F}_1)$ untuk menyatakan besaran vektor, akan tetapi pada pembahasan buku ini besaran vektor dinyatakan dengan notasi (F_1)

Untuk menentukan besarnya paduan beberapa gaya, harus dibedakan antara gaya segaris kerja atau gaya tidak segaris kerja.

a. Paduan gaya-gaya segaris kerja

1) Gaya-gaya searah

Ibu dan Mona mendorong troli dengan gaya masing-masing F_1 dan F_2 dengan arah ke kanan. Itu dapat dikatakan bahwa ibu dan Mona melakukan gaya yang segaris kerja dan searah. Nilai paduan gayanya adalah jumlah nilai gaya masing-masing.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://id.wikipedia.org/wiki/Gaya
www.fisikanet.lipi.go.id

Gambar 14.4 Ibu dan Mona Mendorong Troli

$$F_{paduan} = F_1 + F_2$$

Jika gaya-gaya yang segaris kerja dan searah itu lebih dari satu maka besarnya resultan gaya tersebut adalah jumlah semua gaya itu.

$$R = F_1 + F_2 + F_3 + \ldots$$

Contoh Soal 14.2

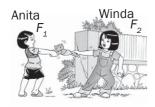
Soal

Tiga orang mendorong mobil dengan gaya masing-masing 100 N, 150 N, dan 120 N. Tentukan besar dan arah gaya paduannya!

Pembahasan

Jawab:

Tiga Orang sedang Mendorong Mobil

$$\begin{aligned} F_{paduan} &= F_1 + F_2 + F_3 \\ &= 100 + 150 + 120 \\ &= 370 \text{ N, arah ke depan (searah gerak mobil)} \end{aligned}$$

Gambar 14.5 Dua orang anak berebut boneka

2) Gaya-gaya berlawanan arah
Anita dan Winda berebut boneka. Anita menarik boneka dengan gaya F_1, sedangkan Winda menarik boneka dengan gaya F_2. Nilai paduan gaya yang diterima boneka adalah selisih gaya Anita dan gaya Winda. Ke arah manakah boneka akan bergerak?

$$F_{paduan} = F_1 - F_2$$

Jika ada lebih dari dua gaya segaris yang berlawanan arah, nilai paduan gayanya adalah selisih nilai gaya-gaya itu. Arah paduan gaya sama dengan arah gaya yang besar.

$$R = -F_1 + F_2 + F_3 + \ldots$$

Gambar 14.6 Arah Gaya

Arah ke kanan bertanda positif
Arah ke kiri bertanda negatif

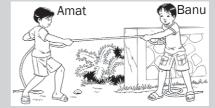
Contoh Soal 14.3

Soal

Amat dan Banu bermain tarik tambang. Amat menarik tambang dengan gaya F_1 = 400 N dan Banu dengan gaya F_2 = 300 N. Berapa gaya untuk menggerakkan tambang?

Pembahasan

Jawab:

$$F_{paduan} = F_1 - F_2$$
$$= 400 - 300$$
$$= 100 \text{ N}$$

Dua Orang Anak sedang Tarik Tambang

Gaya untuk menggerakkan tali adalah 100 N ke arah Amat.

b. Paduan gaya-gaya tidak segaris kerja

Untuk mencari paduan gaya dari dua gaya yang tidak segaris kerja dapat menggunakan metode jajaran genjang. Paduan gaya yang saling membentuk sebuah sudut adalah diagonal jajaran genjang yang dibentuk oleh gaya-gaya itu sebagai sisinya.

Untuk sudut apit 90° maka nilai resultan dirumuskan sebagai berikut.

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

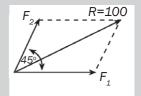
Contoh Soal 14.4

Soal

F_1 = 5 N membentuk sudut 45° dengan F_2 = 6 N. Bagaimana paduan gayanya?

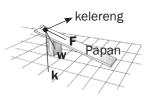
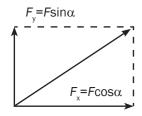
Pembahasan

Paduan gaya dapat dicari dengan bantuan gambar berikut.

Untuk sudut apit 90° maka nilai resultan $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

Paduan Gaya

4. Penguraian gaya

Jika dua buah gaya dapat dipadukan menjadi sebuah gaya, sebaliknya sebuah gaya dapat diuraikan menjadi dua buah gaya.

Apakah kamu pernah mengelindingkan sebuah kelereng di papan miring? Gaya berat kelereng diuraikan oleh papan menjadi gaya yang sejajar dengan papan yang akan menggerakkan kelereng dan gaya tegak lurus papan menyebabkan kelereng tetap di papan.

Gambar 14.6 Kelereng di Papan Miring

Gambar 14.7 Penguraian Gaya atas Sumbu Mendatar dan Sumbu Tegak

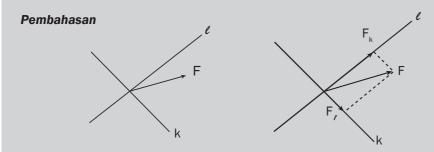
Oleh karena itu, kelereng tetap menggelinding di papan. Jadi, sebuah gaya yang bekerja pada sebuah bidang dapat diuraikan atas sumbu mendatar (sumbu *x*) dan sumbu tegak (sumbu *y*).

Penguraian sebuah gaya tidak selalu bidang datar dan bidang tegak, tetapi dapat juga dengan garis kerja yang sembarang, asalkan garis kerja itu diketahui. Misalnya, pada balok yang digantung. Uraian gaya diperoleh dengan menarik garis sejajar garis kerja uraian gaya pertama ke garis kerja uraian gaya kedua dari ujung gaya yang diuraikan.

Contoh Soal 14.5

Soal

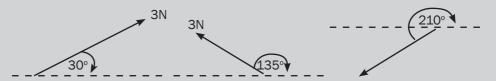
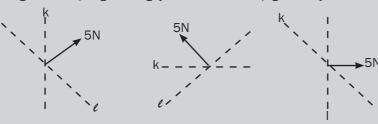
Bagaimana menguraikan gaya F = 10 N berikut pada garis kerja ℓ dan k?

Pembahasan

Uji Latih Diri 14.1

1. Apa contoh gaya yang dapat mengubah
   a. laju benda;
   b. arah gerak benda;
   c. bentuk benda?
2. Seorang anak menahan kambingnya dengan tali. Gaya yang dikeluarkan anak 800 N . Ternyata, kambingnya tetap bergerak menarik anak tersebut dengan gaya 75 N. Berapa gaya tarik kambing itu?
3. Bagaimana lukisan paduan gaya dari gaya F_1 dan F_2 seperti tertera pada tabel berikut ini?

Tabel 14.1 Gaya dan Sudutnya

No.	F_1 (N)	F_2 (N)	Sudut
1.	8	5	30°
2.	150	200	90°
3.	75	125	120°

4. Bagaimana penguraian gaya berikut terhadap sumbu datar dan sumbu tegak?

5. Bagaiamana penguraian gaya berikut terhadap garis kerja *ℓ* dan *k*!

B. Hukum Newton

1. Hukum I Newton

Coba kamu bandingkan gerak kereta troli yang didorong di tanah berpasir dengan gerak kereta troli yang didorong di atas lantai licin. Mana yang lebih cepat berhenti dari kedua kereta troli tersebut? Mengapa itu bisa terjadi?

a. Kereta Troli di Tanah Berpasir

b. Kereta Troli di Atas Lantai Licin

Gambar 14. 8 Gerak Kereta Troli

Kereta Dorong Pintar

Sumber: http://www.pikiran-rakyat.com

Tentu tak asing bagi kamu menggunakan kereta dorong (troli) saat berbelanja di toko swalayan. Akan tetapi, tahukah kamu adanya kereta dorong yang pintar? Kereta dorong ini dilengkapi dengan layar sentuh yang akan memandu pembeli menuju rak tomat atau rak-rak lainnya. Pembeli dapat memesan daging segar tanpa mengantre. Kereta dorong ini juga dapat mengukur kadar lemak dan kalori barang yang ada di dalamnya. Kereta dorong ini membantu penghematan waktu dan uang serta memberikan kemudahan bagi konsumen yang berbelanja. Alat bantu belanja komputerisasi ini ternyata tidak murah dan baru diujicobakan di beberapa toko swalayan besar di Kanada.

Gaya gesekan dapat diperkecil dengan memberi oli, gotri, dan vaselin. Apa yang kamu lakukan jika pagar dorong di rumahmu susah untuk didorong?

Jika pada benda diam bekerja dua buah gaya atau lebih yang resultannya nol maka benda tersebut akan tetap diam. Jika pada

Gambar 14.9
Tali tetap berjalan bersama truk dan kedua orang karena resultan gaya yang bekerja nol

benda yang sedang bergerak lurus dengan laju tetap bekerja dua buah gaya atau lebih yang resultannya nol maka benda tersebut akan tetap bergerak lurus dengan laju tetap.

Hukum I Newton menyatakan jika resultan gaya-gaya yang bekerja pada benda nol atau tidak ada gaya yang bekerja pada benda maka benda akan diam (tidak bergerak) atau akan bergerak lurus beraturan.

Tokohku

Gambar 14.10 Sir Isaac Newton
Sumber Gambar: http://id.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton

Sir Isaac Newton

Sir Isaac Newton lahir di kota Woolsthrope, tahun 1643. Ia adalah ahli matematika, fisika, astronomi, dan filsafat. Beberapa penemuannya adalah hukum gravitasi, hukum gerak, kalkulus, teleskop pantul, dan spektrum. Sir Isaac Newton adalah ilmuwan terbesar sepanjang abad. Buku karyanya yang paling terkenal berjudul Principia. Tahun 1727, Sir Isaac Newton meninggal di London dalam usia 84 tahun.

Inersia

Gambar 14.11 Laju Tinggi Pengendara Motor
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Apa yang terjadi jika sepeda motor yang sedang melaju tinggi di rem dengan tiba-tiba? Sebenarnya, pada saat tersebut adanya kecenderungan sepeda motor untuk mempertahankan geraknya.

Apakah kecenderungan tersebut berlaku untuk benda diam? Coba kamu letakkan penghapus di atas kertas HVS yang berada di atas meja. Kemudian, tarik kertas tersebut dengan cepat. Ternyata, penghapus tetap tertinggal di atas meja. Jadi, jelas bahwa ada sifat alami benda yang cenderung mempertahankan keadaannya yang diam.

Kecenderungan sebuah benda untuk mempertahankan keadaannya yang diam atau bergerak lurus beraturan disebut inersia. Inersia disebut juga lembam. Keadaan alami benda ini berkaitan erat dengan hukum I Newton. Oleh karena itu, hukum I Newton disebut juga hukum inersia atau hukum kelembaman.

Penerapan hukum I Newton banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya,

a. untuk mengeluarkan isi saos yang mengental dari dalam botol, seringkali tukang mi ayam harus menghentakkan botol naik turun dengan cepat dan menghentikannya dengan tiba-tiba;

b. untuk mengencangkan kepala palu dengan gagangnya, tukang kayu biasanya memukulkan ujung gagang palu ke permukaan yang keras;
c. aliran darah dari kepala ke kaki tiba-tiba yang berhenti dengan cepat ketika naik lift yang turun;
d. sebuah batu bata yang diletakkan di atas telapak tangan dapat dipecahkan tanpa rasa sakit dengan memukulnya dengan palu;
e. di jok mobil biasanya diberi sandaran kepala untuk mencegah terjadinya luka pada leher belakang jika terjadi tabrakan dari belakang.

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://id.wikipedia.org/wiki/Hukum_gerak_Newton
http://free.vlsm.org

Refleksi Diri

Ketika sebuah mobil direm secara tiba-tiba, manakah yang lebih bisa mempertahankan keadaannya, penumpang yang gemuk atau penumpang yang kurus?

2. Hukum II Newton

Gaya berkaitan erat dengan percepatan atau perlambatan. Semakin besar gaya, semakin besar juga percepatan/perlambatan (anggap percepatan dan perlambatan sama, hanya berbeda arahnya, percepatan a jika arah gaya searah gerak benda, perlambatan -a jika arah gaya berlawanan dengan arah gerak benda). Faktor lain yang akan mempengaruhi besarnya laju sebuah benda jika pada benda tersebut bekerja sebuah gaya adalah massa. Hukum II Newton ini akan membahas kaitan antara gaya, percepatan, dan massa.

Pada sebuah batu yang dilempar ke atas bekerja sebuah gaya yang disebut gaya gravitasi. Ketika batu bergerak vertikal ke atas, gaya gravitasi akan menyebabkan laju batu berkurang secara teratur. Sebaliknya, ketika batu jatuh, gaya gravitasi akan membuat laju batu bertambah secara teratur, dikatakan batu mengalami percepatan.

Kegiatan di atas menunjukkan bahwa ada hubungan antara gaya dan percepatan. Newton menyatakan bahwa gaya berbanding lurus dengan percepatan. Artinya, makin besar gaya, makin besar juga perubahan laju yang ditimbulkannya.

Gambar 14.12 Batu yang Dilemparkan ke Atas

$$F \approx a$$

Secara matematis, kesebandingan tersebut ditulis sebagai berikut

$$F = m\,a$$

F = gaya (N)
m = sebuah konstanta (selanjutnya konstanta m ini disebut sebagai massa benda)
a = percepatan (m/s^2)

Hukum II Newton menyatakan bahwa percepatan sebuah benda berbanding lurus dengan gaya yang bekerja pada benda itu dan berbanding terbalik dengan massa benda itu. Arah percepatan sama dengan arah gaya itu.

Contoh Soal 14.6

Soal

Sebuah benda massanya 100 kg. Pada benda tersebut bekerja gaya sehingga memperoleh percepatan sebesar 9,8 m/s^2. Berapa besar gaya tersebut?

Pembahasan

Diketahui:

m = 100 kg

a = 9,8 m/s^2

Ditanya: F = ... ?

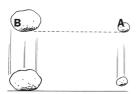
Jawab:

$F = m\,a$

= 100 kg × 9,8 m/s^2

= 980 kg m/s^2

= 980 N

Jadi, gaya yang diperlukan adalah 980 N.

Gambar 14.13 Massa Benda A yang Lebih Kecil dari Massa B akan Jatuh Bersamaan Jika Dilepaskan dari Ketinggian yang Sama

Semua benda di bumi yang mengalami gerak jatuh bebas akan mengalami percepatan yang sama, yaitu 9,8 m/s^2 tanpa memperhatikan massanya.

Coba kamu jatuhkan dua benda yang berbeda massanya dari ketinggian yang sama. Apakah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tanah adalah sama?

3. Hukum III Newton

Dalam kehidupan sehari-hari, didapati bahwa gaya yang bekerja pada sebuah benda selalu diberikan oleh benda lain. Sebagai contoh, ketika lokomotif menarik gerbong, gaya diberikan lokomotif kepada gerbong; ketika temanmu mendorong meja, gaya diberikan temanmu kepada meja; ketika palu digunakan untuk memukul paku, gaya diberikan palu kepada paku.

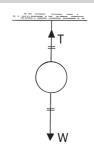
Gambar 14.14 Seorang Anak Memukul Paku dengan Palu
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Tiap gaya yang bekerja pada sebuah benda akan mendapat gaya tandingan dari benda tersebut. Pada gaya yang diberikan palu kepada paku, begitu palu menyentuh paku, palu berhenti sesaat atau bahkan memantul. Hal ini karena ada gaya dari paku sebagai reaksi dari gaya palu. Jika gaya dari palu disebut gaya aksi dan gaya dari paku disebut gaya reaksi maka ada dua gaya, yaitu gaya aksi dan gaya reaksi. Gaya reaksi dari paku sama besar dan berlawanan arah dengan gaya aksi dari palu.

Hukum III Newton menyatakan bahwa ketika suatu benda memberikan gaya pada benda kedua maka benda kedua juga memberikan gaya yang sama besar, tetapi berlawanan arah terhadap benda pertama. Hukum III Newton sering disebut dengan hukum aksi reaksi. (Jangan lupa bahwa gaya aksi dan gaya reaksi bekerja pada benda yang berbeda)

Gambar 14.15 Gaya pada Benda di Atas Meja

Berikut ini adalah beberapa contoh penerapan hukum III Newton dalam kehidupan sehari-hari.

a. Sebuah benda yang beratnya (*w*) diletakkan di atas meja. Meja akan memberi reaksi yang disebut gaya normal (*N*) dengan ($N = w$). Arah gaya normal berlawanan dengan arah gaya berat.

Gambar 14.16 Gaya pada Benda yang Digantung

b. Benda yang beratnya *w* digantung dengan tali vertikal maka terdapat gaya tegangan tali (*T*) yang sama besar dengan (*w*). Arah (*T*) berlawanan dengan arah (*w*).

c. Seseorang dengan berat *w* naik lift. Jika lift bergerak naik, berat orang yang menekan dasar lift akan lebih besar daripada (*w*). Jika lift berhenti maka gaya tekan ke dasar lift (= *w*), tetapi jika lift bergerak turun, gaya tekan orang pada dasar lift lebih kecil daripada (*w*).

Gambar 14.17 Gaya pada Orang di dalam Lift

Uji Latih Diri 14.2

1. Sebuah benda sedang bergerak dengan kecepatan konstan. Pada benda tersebut bekerja gaya-gaya yang setimbang. Menurut hukum I Newton, apakah gaya-gaya tersebut akan mempengaruhi gerak benda?
2. Seseorang berada di atas rakit sedang melempar karung berisi beras dengan massa 40 kg. Rakit akan bergerak berlawanan arah dengan arah lemparan karung. Manakah gaya aksi dan gaya reaksi pada keadaan tersebut?

C. Gaya Gesekan

Manakah yang lebih mudah, mendorong sebuah peti di lantai kasar atau di lantai keramik yang beralas kain tebal? Gaya yang melawan arah gerak benda dinamakan gaya gesekan atau gaya friksi. Dapatkah kamu menyebutkan benda yang mengalami gaya gesekan yang sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari?

Untuk lebih memahami gaya gesekan, kerjakan kegiatan berikut.

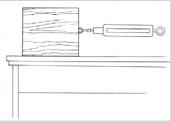
Kegiatan Ilmiah 14.2

Gaya Gesekan

Tujuan Memahami gaya gesekan.

Alat dan Bahan Balok kayu atau buku tebal, neraca pegas (dinamometer), meja, kaca, lantai keramik, lilin, minyak, dan tali.

Petunjuk Kerja

1. Ikat balok atau buku dengan tali dan letakkan di atas meja.
2. Tarik tali itu perlahan-lahan sampai balok mulai bergerak.

Balok Ditarik dengan Neraca Pegas

3. Amati angka yang ditunjuk dinamometer saat balok mulai akan bergerak, kemudian catat pada tabel. Amati angka dinamometer setelah balok bergerak, kemudian catat pada tabel.
4. Ulangi langkah-langkah tersebut untuk kaca dan lantai keramik. Kemudian, catat gaya-gayanya.
5. Ulangi langkah-langkah tersebut untuk lantai keramik yang diberi minyak dan kayu yang diberi lilin.

Tabel 14.2 Tabel Jenis Permukaan dan Besarnya Gaya

No.	Jenis Permukaan	Gaya Saat Benda akan Bergerak (F_1)	Gaya Setelah Benda Bergerak (F_2)	$F_1 - F_2$
1.	Meja kayu			
2.	Kaca			
3..	Keramik			
4.	Lantai diberi minyak			
5.	Kayu diberi lilin			

Bahan Diskusi

1. Bagaimana besarnya gaya tarik yang diperlukan saat balok mulai bergerak dibandingkan setelah balok bergerak?
2. Adakah perbedaan selisih gaya tarik saat benda mulai bergerak dengan setelah bergerak pada tiap-tiap alas (meja, kaca, dan lantai)?
3. Faktor-faktor apa sajakah yang mempengaruhi selisih itu?
4. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Sesuai dengan hukum I Newton, pada balok kayu yang terletak di atas meja bekerja gaya normal yang berlawanan arah dengan gaya berat. Jika arah gerak benda mendatar maka besarnya gaya normal (*N*) sama dengan berat benda (*w*).

Ketika sebuah balok kayu ditarik dengan tali, gaya yang diperlukan dalam jumlah tertentu. Hal ini karena adanya gaya gesekan antara permukaan balok dengan permukaan meja yang arahnya b erlawanan dengan arah gerak balok. Besarnya gaya gesekan dipengaruhi berat benda dan kekasaran permukaan yang saling bersentuhan. Untuk permukaan yang licin, pengaruh gaya gesekan sangat kecil, bahkan dapat dikatakan tidak ada.

Gaya gesekan (Fg) yang terjadi ketika benda belum bergerak disebut gaya gesekan statis (F_s), sedangkan gaya gesekan yang terjadi setelah benda bergerak disebut gaya gesekan kinetis (F_k). Ketika balok kayu ditarik, berangsur-angsur neraca pegas menunjukkan angka yang semakin besar. Hal ini berarti gaya gesekan statis memiliki angka yang bervariasi dari nol sampai nilai maksimum tertentu. Angka paling besar tercapai sesaat sebelum balok kayu bergerak. Angka inilah yang disebut gaya gesekan statis maksimum.

Pada gaya gesekan statis berlaku persamaan

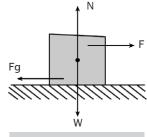
$$F_s = \mu_s N$$

F_s = gaya gesekan statis
μ_s = koefisien gesekan statis
N = gaya normal

Pada gaya gesekan kinetis berlaku persamaan

$$F_k = \mu_k N$$

F_k = gaya gesekan kinetis
μ_k = koefisien gesekan kinetis
N = gaya normal

$\mu_k < \mu_s$
$Fg = F_s$ atau F_k
besarnya koefisien gesekan kinetis adalah tetap

Gambar 14.18 Benda dan Gaya-Gaya yang Bekerja

Contoh Soal 14.7

Soal

Sebuah benda yang massanya 50 kg berada pada bidang datar. Pada benda, gaya yang bekerja 200 N mendatar. Berapa percepatan pada benda itu jika

a. bidang licin;
b. bidang kasar dengan koefisien gesek = 0,3 (g = 10 m/s^2)?

Pembahasan

Diketahui: m = 50 kg
μ = 0,3
F = 200 N
g = 10 m/s^2

Ditanya: a. percepatan benda jika bidang licin = ...?
b. percepatan benda jika bidang kasar (μ = 0,3) = ...?

Jawab:

a. Bidang licin

$F = m\,a$ maka $a = \dfrac{F}{m}$

$$= \frac{200}{50} = 4 \text{ m/s}^2$$

Jadi, percepatan jika bidang licin = 4 m/s^2.

b. Bidang kasar (μ = 0,3)

$N = w$

$= mg$

$= 50 \times 10 = 500$ N

$F_{gesek} = \mu N$

$= 0{,}3 \times 500 = 150$ N

$F_{total} = F - F_{gesek}$

$= 200 - 150 = 50$ N

$a = \dfrac{F_{tot}}{m}$

$= \dfrac{50}{50} = 1 \text{ m/s}^2$

N=500N

F=200N

Fg

W=500N

Jadi, percepatan jika bidang kasar = 1 m/s^2.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini. http://id.wikipedia.org/wiki/Gaya_gesek www.fisikanet.lipi.go.id

Dalam kehidupan sehari-hari, ada gaya gesekan yang menguntungkan, tetapi ada juga yang merugikan. Berikut ini adalah contoh gaya gesekan yang menguntungkan.

1. Permukaan ban mobil dan ban sepeda motor dibuat tidak rata supaya dapat mencengkeram permukaan jalan.
2. Bagian bawah sepatu dan sandal dibuat dari bahan karet dan sejenisnya. Bentuknya dibuat tidak rata agar dapat menahan pemakainya agar tidak terpeleset.

Contoh gaya gesekan yang merugikan adalah sebagai berikut.

1. Pada mesin-mesin mobil, sepeda motor, atau mesin-mesin di pabrik selalu terjadi gesekan antara bagian-bagian mesin tersebut. Oleh karena itu, antara bagian mesin perlu dilindungi dengan cara diberi minyak pelumas atau oli.
2. Gotri sepeda yang dipasang pada punis dekat as roda perlu diberi vaselin agar tidak cepat aus.

Uji Latih Diri 14.3

Mengapa pada benda yang akan bergerak selalu timbul gaya gesekan? Adakah gerak yang tidak menimbulkan gaya gesekan? Apa contohnya?

D. Gaya Berat

Pada saat kamu menimbang sesuatu benda, apa yang kamu ukur, berat benda atau massa benda? Apa yang dimaksud dengan berat benda? Bagaimana hubungan antara berat sebuah benda dengan massanya? Ayo, kamu pasti penasaran kan, mari kita lakukan kegiatan berikut ini.

Kegiatan Ilmiah 14.3

Berat, Massa, dan Percepatan Gravitasi pada Sebuah Benda

Tujuan Memahami hubungan antara berat, massa, dan percepatan gravitasi pada sebuah benda.

Alat dan Bahan Batu, besi, atau benda-benda lain yang berbeda besarnya, tetapi volumenya sama;
neraca pegas (dinamometer);
gelas ukur;
timbangan.

Petunjuk Kerja

1. Jatuhkan benda-benda itu dari pegangan tanganmu. Amati gerak benda itu.
2. Ukur berat setiap benda itu dengan dinamometer, kemudian catat hasilnya dalam tabel.
3. Ukur volume tiap benda dengan gelas ukur dan catat hasilnya dalam tabel.
4. Ukur massa tiap benda dengan neraca atau timbangan, kemudian catat hasilnya dalam tabel.

Tabel 14.3 Tabel Data Percobaan

No.	Nama benda	Berat (w)	Volume (V)	Massa (m)	$\frac{w}{m}$	$\frac{m}{v}$

Bahan Diskusi

1. Ke mana arah gerak benda yang dijatuhkan? Apa yang menyebabkan gerak benda itu?
2. Bagaimana besar nilai $\frac{w}{m}$ untuk tiap benda?
3. Bagaimana nilai $\frac{m}{V}$ untuk tiap benda yang sama jenisnya? Bagaimana untuk benda yang berbeda jenisnya?
4. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Informasi:
Perbandingan antara berat benda terhadap massanya adalah percepatan gravitasi (g) bumi di tempat itu. Nilai g tidak sama untuk setiap tempat di bumi. Nilai g terbesar adalah di daerah kutub (hampir 10 m/s^2 besarnya), sedangkan terkecil di daerah katulistiwa. Rata-rata nilai g = 9,8 m/s^2.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://id.wikipedia.org/wiki/Gravitasi
www.fisikanet.lipi.go.id

Gravitasi bumi menyebabkan setiap benda akan selalu jatuh ke bumi selama masih berada dalam medan gravitasi bumi. Jadi, berat benda adalah gaya gravitasi yang dialami benda itu. Samakah berat benda di setiap tempat di bumi? Makin besar massa benda, makin besar juga beratnya. Massa benda di mana pun berada selalu tetap, sedangkan berat benda sebanding dengan massa benda dan percepatan gravitasi yang di dalamnya. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$w = m\,g$$

w = berat benda (N)
m = massa benda (kg)
g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Contoh Soal 14.8

Soal

Benda bervolume 20 cm^3, massa 160 g, g di khatulistiwa = 9,8 m/s^2, dan di kutub g = 10 m/s^2. Berapakah berat benda di khatulistiwa dan di kutub?

Pembahasan

Diketahui:

m = 160 g = 0,16 kg
V = 20 cm^3 = 2 x 10^{-5} m^3
$g_{khatulistiwa}$ = 9,8 m/s^2
g_{kutub} = 10 m/s^2

Ditanya :

w di khatulistiwa dan w di kutub = ...?

Jawab:

$w_{khatulistiwa} = m\,g_{khatulistiwa}$
$= 0{,}16 \times 9{,}8$
$= 1{,}568$ N

$w_{kutub} = m\,g_{kutub}$
$= 0{,}16 \times 10$
$= 1{,}6$ N

Uji Latih Diri 14.4

1. Apa yang menyebabkan benda-benda di dekat permukaan bumi akan jatuh menuju pusat bumi?
2. Sebuah benda di bumi beratnya 1.000 N. Berapa beratnya di bulan jika konstanta gravitasi di bumi 10 m/s^2 dan konstanta gravitasi di bulan 1,6 m/s^2?

Tugas Proyek

Amati peristiwa-peristiwa dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan gaya yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan laju gerak benda. Bagaimana hasil pengamatanmu? Apa yang dapat kamu simpulkan?
Buat hasil pengamatan dan kesimpulanmu dalam suatu bentuk laporan.

Rangkuman

Gaya adalah sesuatu yang menyebabkan perubahan pada suatu benda. Disebut gaya sentuh jika benda bekerja bersentuhan langsung dengan benda yang dikenakan gaya. Jika benda yang bekerja tidak bersentuhan langsung dengan benda yang dikenakan gaya disebut tak sentuh.

Jika beberapa gaya bekerja pada sebuah benda maka pada benda itu hanya bekerja satu gaya paduan. Hukum kelembaman atau hukum I Newton menyatakan bahwa jika resultan gaya-gaya yang bekerja pada benda bernilai nol maka benda akan diam atau bergerak lurus beraturan. Percepatan pada sebuah benda sebanding dengan besarnya gaya dan berbanding terbalik dengan massa benda seperti yang dinyatakan hukum Newton II. Jika ada gaya aksi pada sebuah benda maka benda itu akan memberikan gaya reaksi yang sama besar, tetapi berlawanan arah yang dinyatakan hukum III Newton.

Evaluasi Diri 14

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Gaya yang bekerja pada sebuah benda dapat mengakibatkan hal-hal berikut, *kecuali* perubahan ....
   a. bentuk
   b. letak
   c. kecepatan
   d. massa

2. Anak panah yang lepas dari busurnya disebabkan gaya ....
   a. tarik
   b. pegas
   c. otot
   d. gravitasi

3. Pada benda yang mengalami gerak jatuh bebas, ...
   a. resultan gaya-gaya sama dengan nol
   b. resultan gaya-gaya lebih kecil dari nol
   c. tak ada gaya yang bekerja pada benda tersebut
   d. benda akan bergerak lurus berubah beraturan

4. Faktor utama yang dapat menghentikan gerak balok kayu di atas meja adalah ....
   a. laju gerak benda
   b. gaya gravitasi bumi
   c. gesekan balok kayu dengan meja
   d. gaya normal

5. Sifat inersia benda dapat diartikan ....
   a. benda selalu ingin berubah keadaannya
   b. benda selalu cenderung akan bergerak
   c. jika benda jatuh, arahnya selalu menuju pusat bumi
   d. benda cenderung mempertahankan keadaan yang diam atau bergerak

6. Hukum Newton kedua mengandung arti bahwa ....
   a. gaya yang bekerja pada sebuah benda akan selalu sebanding dengan percepatan yang dialami benda tersebut
   b. gaya yang bekerja pada sebuah benda akan selalu berbanding terbalik dengan percepatan yang dialami benda tersebut
   c. percepatan sebanding dengan massa benda
   d. gaya berbanding terbalik dengan massa benda

7. Sebuah benda massanya 10 kg. Benda tersebut memperoleh percepatan sebesar 9,8 m/s^2. Gaya yang bekerja pada benda tersebut adalah ....
   a. 0,98 N
   b. 1,02 N
   c. 98 N
   d. 10 N

8. Gaya sebesar 2,5 N bekerja pada benda bermassa 0,5 kg. Benda tersebut akan memperoleh percepatan sebesar ....
   a. 1,25 m/s^2
   b. 0,2 kg/N
   c. 0,2 m/s^2
   d. 5 m/s^2

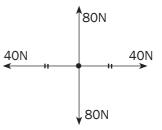
9. Jika percepatan gravitasi bumi adalah 10 m/s^2 maka sebuah benda yang massanya 0,5 ton akan memiliki berat ....
   a. 0,05 N
   b. 5 N
   c. 0,005 N
   d. 5.000 N

10. Saat bola yang jatuh di lantai memantul, gaya reaksinya adalah ....
    a. gaya gravitasi bumi
    b. gaya gesekan lantai
    c. massa benda
    d. gaya yang mendorong bola memantul

11. Tiga gaya masing-masing F_1 = 20 N arah ke kanan, F_2 = 10 N arah ke kanan, dan F_3 = 30 N arah ke kiri. Ketiga gaya tersebut bekerja pada sebuah benda. Resultan benda tersebut akan bergerak ke ... dan besarnya ....
    a. kanan, R = 60 N
    b. kiri, R = 0
    c. kanan, R = 0
    d. segala arah, R = 0

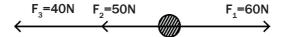
12. Gaya gesekan antara 2 benda yang belum bergerak disebut gaya gesekan ....
    a. dinamis
    b. statis
    c. kinetis
    d. aerodinamis

13. Perhatikan gambar berikut ini.
    Pernyataan yang benar sesuai gambar tersebut adalah ....

    a. resultan gaya-gaya tersebut 0 N, benda diam
    b. resultan gaya-gaya tersebut 20 N, benda diam
    c. resultan gaya-gaya tersebut 20 N, bergerak searah dengan F_1
    d. resultan gaya-gaya tersebut 130 N, benda diam

14. Sebuah pesawat antariksa tidak berawak membawa sebuah benda dari bumi ke sebuah planet. Gaya gravitasi di tempat tersebut ternyata tiga kali gaya gravitasi bumi. Berat benda di planet itu adalah ....
    a. 3 kali berat di bumi
    b. 9 kali berat di bumi
    c. $\frac{1}{3}$ kali berat di bumi
    d. $\frac{1}{9}$ kali berat di bumi

15. Berat benda di khatulistiwa adalah 20 N. Jika benda tersebut dibawa ke kutub utara, beratnya akan bertambah 0,5%. Berat benda itu di kutub menjadi ....
    a. 20,5 N
    b. 20,1 N
    c. 20,05 N
    d. 20,01 N

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Seorang anak naik kereta luncur. Massa anak tersebut 45 kg dan massa kereta luncur 15 kg. Berapa gaya yang diperlukan agar anak tersebut memperoleh percepatan sebesar 1,15 m/s^2?
2. Perhatikan gambar berikut ini.

   Besarnya F_1 = 40 N, F_2 = 50 N, dan F_3 = 60 N. Berapa resultan gaya-gaya tersebut dan ke mana arahnya?
3. Mengapa oli pada mesin sepeda motor harus selalu diganti secara teratur?
4. Sepuluh kotak beratnya 5.880 N. Jika semua kotak memiliki massa yang sama dan konstanta gravitasinya 9,8 N/kg, berapakah massa setiap kotak?
5. Sebuah benda di bumi massanya 120 kg. Percepatan gravitasi di bumi 10 N/kg. Jika percepatan gravitasi di Bulan $\frac{1}{6}$ percepatan gravitasi bumi, berapa berat benda di Bulan?

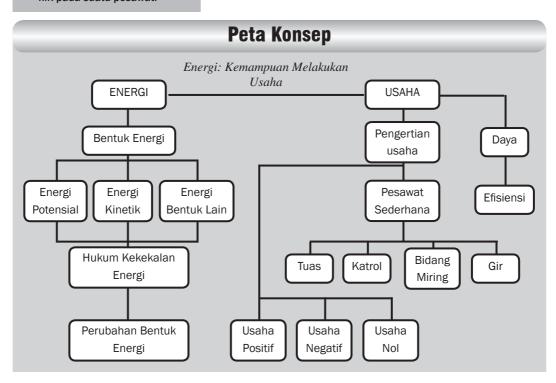
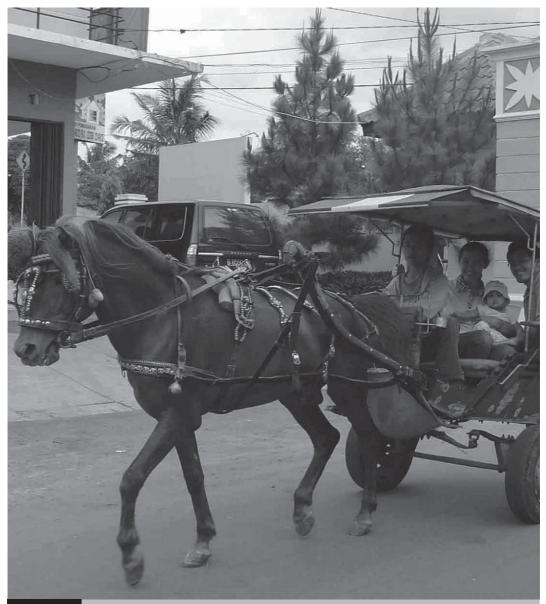
BAB XV

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

1. menunjukkan bentuk-bentuk energi dan contohnya dalam kehidupan sehari-hari;
2. mengaplikasikan konsep energi dan perubahannya dalam kehidupan sehari-hari;
3. membedakan konsep energi kinetik dengan energi potensial;
4. menjelaskan adanya energi potensial dan energi kinetik pada suatu benda yang bergerak;
5. merancang percobaan sederhana tentang beberapa peristiwa perubahan bentuk energi;
6. menunjukkan hubungan usaha, gaya, dan perpindahan;
7. menunjukkan kegunaan beberapa pesawat sederhana yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari;
8. menjelaskan keuntungan mekanik pada suatu pesawat.

USAHA, ENERGI, DAN PESAWAT SEDERHANA

Peta Konsep

Gambar 15.1 **Kuda Memerlukan Energi untuk Menarik Pedati**

Sumber Gambar: http://blog.firstari.com/images/Skbmi_Delman1.jpg

Pernahkah kamu naik pedati? Mengapa pedati dapat berpindah dari tempat semula jika ditarik kuda? Kuda dapat bekerja menarik pedati karena memiliki energi yang diperoleh dari makanan yang dimakannya. Semakin banyak energi yang dimiliki kuda, semakin besar kerja yang dapat dilakukannya sehingga perpindahan pedati makin jauh.
Energi yang dimiliki kuda berpengaruh pada daya yang dihasilkan dan usaha yang dilakukan kuda. Semakin banyak kerja yang dilakukan kuda maka dayanya semakin besar.
Bagaimana hubungan antara usaha, gaya, perpindahan, energi, dan daya? Mari ikuti pembahasan pada bab ini.

Kata-Kata Kunci *(Key Words)*

bahan bakar nuklir
energi
energi air
energi bunyi
energi cahaya
energi kalor
energi kimia
energi kinetik
energi listrik
energi potensial
energi sampah
energi uap
pesawat
pesawat sederhana
reaktor
reaktor fisi
usaha

A. Energi

Mengapa kendaraan dapat berjalan? Energi apa yang terkandung di dalam bahan bakar? Mengapa bahan bakar berkurang setelah kendaraan bergerak? Berubah menjadi apakah bahan bakar itu? Bagaimana cara menghemat energi?

1. Pengertian energi

Tenaga kita berasal dari makanan yang dimakan. Tenaga dalam istilah fisika disebut energi. Dapatkah kita bekerja tanpa energi? Tidak hanya manusia, semua benda yang bergerak memerlukan energi. Misalnya, seperti gambar berikut.

a. sepeda motor dapat bergerak karena energi kimia yang tersimpan dalam bahan bakar

b. tumbuhan mendapat energi dari matahari

c. manusia mendapatkan energi dari makanan yang dimakan

Gambar 15.2 Semua Benda yang Bergerak Memerlukan Energi
Sumber Gambar: www.daveandgail.com, www.goldenrice.org, http://pinker.wjh.harvard.edu

Kemampuan suatu benda untuk melakukan kerja (usaha) disebut energi. Dalam sistem internasional (SI), energi dinyatakan dalam satuan joule (J), sedangkan dalam cgs dinyatakan dengan erg. Berapa erg-kah 1 Joule itu?
Satuan energi yang lain adalah kalori atau kilo kalori. Satuan kalori biasanya digunakan untuk menyatakan besar energi panas (kalor) dan energi kimia yang terkandung dalam makanan.

$$1 \text{ joule} = 10^{-3} \text{ kJ}$$
$$1 \text{ joule} = 0{,}24 \text{ kalori}$$
$$1 \text{ joule} = 10^{-6} \text{ MJ}$$
$$1 \text{ joule} = 6{,}5 \times 10^{18} \text{ eV}$$
$$1 \text{ joule} = 1 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$$

Tokohku

James Prescott Joule
(1818 – 1889)

James Prescott Joule lahir di Salford, Lancashire, Inggris, 24 Desember 1818. Dia tidak pernah duduk di bangku sekolah sampai berumur 17 tahun karena sakit-sakitan. Untuk memperoleh ilmu pengetahuan, orang tua Joule mendatangkan guru. Akan tetapi, sebagian besar ilmu yang dikuasainya diperoleh dari membaca buku.

Gambar 15.3 James Prescott Joule
Sumber Gambar: www.marcdatabase.com

Ketika berumur 17 tahun, Joule masuk sekolah dan diterima di Universitas Manchester. Ia dibimbing oleh **John Dalton**. Bersama dengan **Herman** dan **Julius von Mayer**, **Joule** menemukan hukum kekekalan energi. Selain itu, **Joule** juga menyelidiki kesetaraan antara kalor dengan energi.

Pada usia 71 tahun, tanggal 11 Oktober 1889, **James Presscot Joule**, wafat.

2. Bentuk-bentuk energi

Bentuk-bentuk energi apa sajakah yang kamu temukan dalam kehidupan sehari-hari? Untuk lebih memahami bentuk-bentuk energi, mari kita lakukan kegiatan berikut ini.

Kegiatan Ilmiah 15.1

Bentuk-Bentuk Energi

Tujuan Memahami bentuk-bentuk energi.

Alat dan Bahan Buku dan kegiatan sehari-hari.

Petunjuk Kerja

1. Amati ibumu atau kakakmu yang sedang menyetrika pakaian.
2. Coba kamu pikirkan tentang matahari.
3. Dengarkan bunyi bel yang terdengar setiap pergantian pelajaran di kelasmu.
4. Bayangkan ketika kamu sarapan pagi sebelum berangkat ke sekolah.
5. Coba kamu cari artikel tentang PLTA dan PLTU.
6. Amati radio, TV, dan lampu.

Bahan Diskusi

1. Jenis energi apakah yang dihasilkan setrika?
2. Energi apa yang dihasilkan matahari?
3. Energi apa yang membunyikan bel? Energi apa yang dihasilkan bel?
4. Energi apa yang tersimpan dalam makanan yang kamu makan?
5. Pernahkah kamu mendengar istilah PLTA dan PLTU? Energi apakah yang digunakan pada PLTA dan PLTU?
6. Energi apakah yang digunakan pada radio, televisi, dan lampu?

Apa yang dapat kamu simpulkan dari kegiatan di atas? Semua energi berasal dari alam semesta dan bermanfaat bagi kehidupan.

a. pembakaran kayu menghasilkan energi kalor

b. lampu menghasilkan energi cahaya

c. makanan menghasilkan energi kimia

d. radio menghasilkan energi bunyi

e. televisi menggunakan energi listrik

f. kereta api digerakkan dengan energi uap

Gambar 15.4 Bentuk-Bentuk Energi
Sumber Gambar: www.ebibleteacher.com; http://gregrob.ca; http://hem.passagen www.marian.creighton.edu; www.thomson-australia.com.au; www.buffaloworks.us;

3. Perubahan bentuk energi

Sebagian besar energi yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari berasal dari perubahan bentuk energi satu ke bentuk energi yang lain. Pernahkah kamu mendengar istilah pembangkit listrik tenaga surya? Energi kalor dari matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan bantuan sel matahari (*solar cell*). Energi dari matahari dapat diubah menjadi energi kimia pada proses fotosintesis tumbuhan hijau.

Gambar 15.5 Sel Surya Mengubah Energi Matahari Menjadi Energi Listrik
Sumber Gambar: http://gtresearchnews.gatech.edu

Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, tetapi hanya dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk energi lain.

a. Energi mekanik

Ketika benda yang bergerak jatuh, benda tersebut mempunyai energi mekanik. Energi mekanik terdiri dari energi tempat (energi potensial) dan energi gerak (energi kinetik).

Secara matematis ditulis sebagai berikut.

$$E_m = E_p + E_k$$

E_m = energi mekanik (J)
E_p = energi potensial (J)
E_k = energi kinetik (J)

a. Energi kinetik

Coba kamu bandingkan lemparan batu berukuran kelereng dengan tanganmu dan lemparan batu berukuran kelereng yang menggunakan katapel, samakah? Hati-hati pada saat melakukannya. Jika lemparan batu mengenai suatu benda, itu berarti batu berukuran kelereng mampu melakukan usaha karena bergerak. Jadi, energi yang dimiliki suatu benda karena gerakannya disebut energi kinetik.

Sebagai contoh, mobil yang bergerak dengan kecepatan 40 km/jam jika bertabrakan akan berbeda akibatnya dibandingkan

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://id.wikipedia.org/wiki/Energi
http://bebas.vlsm.org/v12/sponsor/Sponsor-Pendamping/Praweda/Fisika

jika kecepatannya 90 km/jam. Akan tetapi, akibat tabrakan yang ditimbulkan oleh truk dengan massa lebih besar akan lebih hebat jika dibandingkan dengan sedan, meskipun kecepatan kedua mobil itu sama. Jadi, energi kinetik sebanding dengan massa dan kecepatan benda.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

E_k = energi kinetik (J)
m = massa benda (kg)
v = kecepatan (m/s)

Contoh Soal 15.1

Soal

Benda bermassa 3 kg bergerak dengan kecepatan 2 m/s. Berapakah energi kinetik benda itu?

Pembahasan

Diketahui:

m = 3 kg
v = 2 m/s

Ditanya:

E_k = ... ?

Jawab:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2} 3 \text{ kg} \cdot (2 \text{ m/s})^2$$

$$= 1{,}5 \text{ kg} \cdot (4 \text{ m}^2/\text{s}^2)$$

$$= 6 \text{ kg m}^2/\text{s}^2 = 6 \text{ Joule}$$

Jadi, energi kinetik yang dimiliki benda sebesar 6 Joule.

b. Energi potensial

Tahukah kamu, apa energi potensial itu? Coba kamu tarik karet gelang, kemudian kamu lepaskan. Apa yang terjadi? Karet gelang jika ditarik, kemudian dilepas maka karet tersebut akan kembali ke bentuk atau posisi semula. Hal ini terjadi karena karet gelang memiliki energi potensial. Energi potensial pada benda adalah energi yang dimiliki oleh benda karena kondisinya (tempatnya).

Energi potensial yang disebabkan adanya gravitasi bumi disebut energi potensial gravitasi. Sebuah benda yang berada pada ketinggian tertentu terhadap bumi akan dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi (g) sehingga benda itu mempunyai berat. Gaya berat ini yang mampu melakukan usaha, yaitu menggerakkan benda ke bumi.

Misalnya, berat benda w mempunyai massa m kg berada pada ketinggian h meter terhadap bumi. Berat benda, $w = m \times g$. Usaha yang dilakukan benda, $W = F \times s$. Dalam hal ini, $F = w$ (berat benda) dan $s = h$ (tinggi benda) sehingga $W = w \times h$ atau $W = m \times g \times h$.
Karena besarnya energi sama dengan usaha yang dilakukan maka energi potensial benda dirumuskan sebagai berikut.

$$E_p = m\,g\,h$$

E_p = energi potensial (J)
m = massa (kg)
h = tinggi benda (m)
g = percepatan gravitasi (m/s^2)

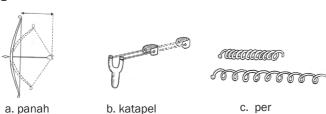
Gambar 15.6 Energi Potensial Gravitasi

Jadi, energi potensial sebanding dengan massa benda, tinggi benda, dan percepatan gravitasi di tempat itu.

Contoh Soal 15.2

Soal
Sebuah lukisan yang massanya 2 kilogram tergantung di dinding setinggi 3 meter. Jika percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2, berapa energi potensial yang dimiliki lukisan itu?

Pembahasan
Diketahui:
m = 2 kg
h = 3 m
g = 10 m/s^2
Ditanya:
E_p = ...?
Jawab:
$E_p = m\,g\,h$
$= 2 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 3 \text{ m}$
$= 60 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$
$=$ 60 Joule
Jadi, energi potensial yang dimiliki lukisan itu sebesar 60 Joule.

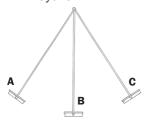
Contoh energi potensial lainnya adalah energi potensial pegas, seperti energi yang terdapat pada anak panah yang terpasang di busurnya dan siap diluncurkan, batu yang siap dilepaskan dengan katapel, dan per yang ditekan atau ditarik.

Gambar 15.7 Contoh Benda yang Memiliki Energi Potensial Pegas

Refleksi Diri

Penjepit Kertas yang Merapikan

Siapkan sebuah penjepit kertas dan beberapa lembar kertas HVS. Susun lembaran-lembaran kertas HVS itu dengan baik. Dengan tangan kananmu, tekan penjepit kertas dan jepit salah satu sisi kertas-kertas yang sudah tersusun itu. Pada saat ditekan, adakah energi potensial pada penjepit kertas tersebut? Dapatkah kamu membuktikannya?

4. Hukum kekekalan energi

a. anak-anak bermain ayunan

b. bagan ayunan

Gambar 15.8 Pada Sistem ini Berlaku Hukum Kekekalan Mekanik
Sumber Gambar: www.jameswatkins.co.nz

Pernahkah kamu melihat anak yang sedang bermain ayunan? Mengapa dengan sekali dorong, anak dapat berayun berulang kali? Anak yang sedang bermain ayunan, energi mekaniknya selalu tetap. Itu artinya jumlah energi kinetik dan energi potensialnya selalu tetap. Jika energi kinetiknya membesar maka energi potensialnya mengecil, begitu juga sebaliknya.

Ketika ayunan berada pada simpangan terjauh (posisi *A* dan *C*), energi potensial anak maksimum, sedangkan energi kinetik anak sama dengan nol. Pada saat berada pada posisi paling bawah (posisi *B*), energi potensialnya paling kecil, sedangkan energi kinetiknya maksimum. Tahukah kamu apa sebabnya? Hal ini akan terjadi secara berulang jika tidak terjadi gaya gesekan. Jadi, energi mekanik selalu tetap, meskipun energi kinetik dan energi potensial anak selalu berubah. Konsep ini dikenal sebagai hukum kekekalan energi mekanik. Kapan berlakunya hukum kekekalan energi mekanik?

Hukum kekekalan energi mekanik menyatakan bahwa besar energi mekanik pada benda yang bergerak selalu tetap. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut.

$$E_{M_1} = E_{M_2}$$
$$E_{k_1} + E_{p_1} = E_{k_2} + E_{p_2}$$

Keterangan:

E_{M1}, E_{M2} : energi mekanik awal dan energi mekanik akhir (J).
Ek_1, Ek_2 : energi kinetik awal dan energi kinetik akhir (J).
Ep_1, Ep_2 : energi potensial awal dan energi potensial akhir (J).

Pada kenyataannya, simpangan ayunan akan berkurang dan lambat laun akan berhenti. Hal ini karena pada ayunan terjadi gaya gesekan.

Contoh Soal 15.3

Soal

Sebuah mangga bermassa 1,2 kg jatuh dari pohon dengan ketinggian 5 m di atas tanah. (g = 10 m/s^2).

a. Berapa energi potensial dan energi kinetik mula-mula?
b. Berapa energi potensial dan energi kinetik pada saat tingginya 4,8 m? Berapa kecepatan mangga saat itu?
c. Berapa kecepatan saat menyentuh tanah?

Pembahasan

Diketahui: mangga: m = 1,2 kg

h = 5 m

g = 10 m/s^2

Ditanya: a. E_p dan E_k mula-mula = ...?

b. E_p dan E_k saat h_1 = 4,8 = ...?

v_1 = ...?

c. v saat menyentuh tanah = ...?

Jawab: a. $E_p = m\,g\,h$

$= 1,2 \times 5 \times 10 = 60$ joule

$E_k = 0$

b. $E_{p1} = m\,g\,h_1$

$= 1,2 \times 4,8 \times 10 = 57,6$ joule

$E_{p1} + E_{k1} = E_p + E_k$

$57,6 + E_{k1} = 60 + 0$

$E_{k1} = 60 - 57,6$

$= 2,4$ joule

$$\frac{1}{2}mv^2 = E_{k1}$$

$$\frac{1}{2} \times 1,2 \times V_1^2 = 2,4$$

$$v_1^2 = 4$$

$$v_1 = 2 \text{ m/s}$$

c. $$E_{p3} + E_{k3} = E_p + E_k$$

$$0 + \frac{1}{2}mv_3^2 = 60 + 0$$

$$\frac{1}{2} \times 1,2 \times V_3^2 = 60$$

$$v_3^2 = 100$$

$$v_3 = 10 \text{ m/s}$$

Kecepatan mangga saat menyentuh tanah = 10 m/s.

5. Hemat energi

Minyak, batu bara, dan gas alam merupakan bahan tambang yang tidak dapat diperbaharui. Bahan-bahan tersebut merupakan sumber energi. Semakin sering digunakan maka bahan-bahan tambang tersebut akan semakin cepat habis. Apa yang kamu lakukan di rumah untuk menghemat energi?

Kilasan IPA

Hemat Energi

Macet lagi ... Macet lagi ... Itulah salah satu ungkapan kekesalan karena kemacetan di kota besar. Kemacetan itu sendiri mengakibatkan polusi udara. Bagaimana mengurangi kedua masalah tersebut? Mari bersama-sama membudayakan kendaraan

Gambar 15.9 Kemacetan Lalu Lintas
Sumber Gambar: *www.x8ing.com*

umum ketika berpergian. Dengan demikian, mobil pribadi yang melintas di jalan raya berkurang. Selain irit, hal ini juga dapat mengurangi polusi udara yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor.

Gambar 15.10 Angin yang Menggerakkan Kincir merupakan Salah Satu Energi Alternatif
Sumber Gambar: www.leica-geosystems.com

7. Sumber energi pengganti

Salah satu cara untuk menghindari habisnya sumber energi, yaitu mencari sumber energi pengganti. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk menemukan sumber energi pengganti tersebut. Di antaranya, bahan bakar sintetis, energi sampah, energi dari usaha tani, kayu, energi pasang surut air laut, energi matahari, energi angin, dan energi nuklir.

Uji Latih Diri 15.1

1. Pada perubahan suatu bentuk energi menjadi energi bentuk lain, apakah seluruh energi itu akan berubah sehingga jumlah energi yang dihasilkan sama dengan jumlah energi asalnya? Apa contohnya?
2. Seorang anak yang mempunyai bobot massa 60 kg memanjat pohon kelapa. Ia dapat naik pohon dari ketinggian 1 meter ke ketinggian 5 meter dalam waktu 2 menit. Berapakah
   a. usaha yang dilakukan (g = 10 m/s^2);
   b. energi potensial mula-mula dan sekarang;
   c. besarnya perubahan energi potensial?
3. Barang-barang rongsok dari logam dan plastik dapat didaur ulang. Produksi dengan mendaur ulang barang-barang bekas lebih hemat energi. Mengapa demikian?

Tugas Proyek

1. Amati semua aktivitas yang terjadi di lingkungan sekitarmu.
2. Amati aktivitas yang dilakukan anggota atau sekelompok masyarakat yang berkaitan dengan perubahan energi. Perubahan energi apa sajakah yang terjadi?
3. Apa yang dapat kamu simpulkan. Buat tugas ini dalam sebuah laporan.

B. Usaha

Gambar 15.11 Penarik Becak
Sumber Gambar: http://www.pikiran-rakyat.com

Istilah usaha sering didengar dalam kehidupan sehari-hari. Akan tetapi, samakah pengertian usaha dalam fisika dengan pengertian usaha dalam kehidupan sehari-hari?

1. Pengertian usaha dalam fisika

Seorang penarik becak mengayuh becaknya hingga bergerak. Semakin jauh becak dikayuh, semakin besar usaha yang dilakukannya. Apa yang dimaksud dengan usaha? Usaha yang dilakukan sebanding dengan besarnya gaya dan perpindahan yang dirumuskan sebagai berikut.

$$W = F s$$

W = usaha (J)

F = gaya (N)

s = perpindahan (m)

Satuan usaha adalah Joule atau erg. Satu Joule adalah usaha yang dilakukan oleh gaya 1 Newton untuk menimbulkan perpindahan 1 meter. Jadi, 1 J = 1 N $\times$ 1 m = 1 Nm.

Satu erg adalah usaha yang dilakukan oleh gaya 1 dyne untuk menimbulkan perpindahan 1 cm. Jadi, 1 erg = 1 dyne $\times$ 1 cm = 1 dn cm. Berapa ergkah 1 Joule itu?

Tabel 15.2 Tabel Sistem Satuan

Sistem	*F*	*S*	*W*
MKS	Newton	Meter	Joule
cgs	Dyne	Cm	erg

Contoh Soal 15.4

Soal

Handoko mendorong meja dengan gaya 90 N sehingga meja berpindah sejauh 4 m. Berapa usaha yang dilakukan Handoko?

Pembahasan

Diketahui:

F = 90 N

s = 4 m

Ditanya:

W = ...?

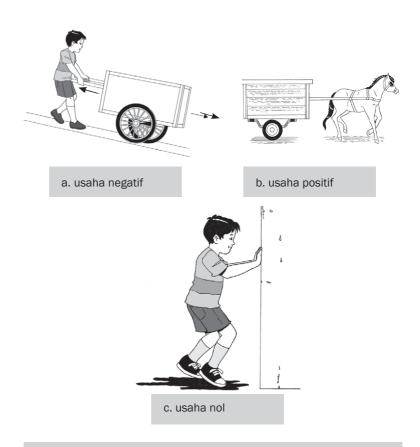
Jawab:

$W = F s$

= 90 N $\times$4 m

= 360 Nm = 360 Joule

Jadi, usaha yang dilakukan Handoko sebesar 360 Joule.

Usaha dapat bernilai positif, negatif, dan nol (nihil) seperti terlihat pada gambar berikut.

Gambar 15.12 Usaha

Usaha bernilai positif jika arah gaya sama dengan arah gerak (perpindahan), misalnya usaha kuda menarik gerobak. Usaha negatif jika arah gaya berlawanan dengan arah gerak (perpindahan), misalnya usaha rem untuk memperlambat laju kendaraan. Bagaimana usaha yang bernilai nol?

Usaha bersama

Jika pada sebuah benda bekerja beberapa gaya maka usaha yang dilakukan terhadap benda adalah jumlah usaha dari masing-masing gaya itu.

a. Gaya-gaya searah

Sebuah mobil didorong Amat dengan gaya F_A, Badri dengan gaya F_B, dan Cecep dengan gaya F_C sehingga mobil berpindah sejauh *s* meter. Usaha yang dilakukan Amat, Badri, dan Cecep adalah sebagai berikut.

Gambar 15.13 Tiga Anak Mendorong Mobil

usaha Amat, $W_A = F_A s$
usaha Badri, $W_B = F_B s$
usaha Cecep, $W_C = F_C s$
paduan gaya dorong $= F_A + F_B + F_C$
jumlah usaha mereka $= W_A + W_B + W_C$
usaha paduan gaya $= (F_A + F_B + F_C) s$

$$= (F_A s) + (F_B s) + (F_C s)$$
$$= (F_A + F_B + F_C) s$$
$$W_{paduan} = W_1 + W_2 + W_3$$

Jadi, terbukti bahwa untuk gaya-gaya yang arahnya sama dan segaris kerja, besarnya usaha bersama sama dengan jumlah usaha gaya paduannya.

Contoh Soal 15.5

Soal

Dua orang pekerja bangunan memindahkan pasir dari jalan raya ke lokasi bangunan dengan sebuah gerobak. Seorang pekerja menarik gerobak dengan gaya sebesar 500 N, sedangkan pekerja yang lain mendorong gerobak dari belakang dengan gaya sebesar 400 N. Jika gerobak itu bergerak sejauh 30 meter, berapa usaha yang dilakukan kedua pekerja bangunan pada gerobak?

Pembahasan

Diketahui: $F_1 = 500$ N
$F_2 = 400$ N
$s = 30$ m

Ditanya: $W = ...?$

Jawab:

$$W = F_R\, s$$
$$= (500 \text{ N} + 400 \text{ N}) \times 30 \text{ m}$$
$$= 27.000 \text{ Nm}$$
$$= 27.000 \text{ J}$$

Jadi, usaha yang dilakukan kedua pekerja bangunan pada gerobak adalah 27.000 Joule.

b. Gaya-gaya yang berlawanan arah

Tono dan Kadir bermain tarik tambang, gaya tarik Tono = F_T dan gaya tarik Kadir = F_K, tali bergerak ke arah Kadir. Artinya, F_T berlawanan arah gerak, sedangkan F_K searah gerak.

Oleh karena itu,

usaha Tono, $W_T = - F_T\, s$
usaha Kadir, $W_K = F_K\, s$

Gambar 15.14 Tono dan Kadir Bermain Tarik Tambang

paduan gaya tarik, $F = F_K - F_T$
usaha paduan gaya, $W = (F_K - F_T)\,s$
jumlah usaha, $W_K + W_T = (F_K\,s) - (F_T\,s)$
$= (F_K - F_T)\,s$

Jadi, usaha bersama untuk gaya-gaya yang berlawanan arah sama dengan jumlah usaha gaya paduan.

Contoh Soal 15.6

Soal

Ardi dan Anto bermain tarik tambang. Ardi menarik tambang ke kiri dengan gaya 300 N, sedangkan Anto menarik tambang ke kanan dengan gaya 250 N. Jika Anto tertarik ke kiri sejauh 150 cm, berapa besar usaha yang dilakukan Ardi?

Pembahasan

Diketahui:

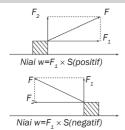
F_1 = 300 N
F_2 = 250 N
s = 150 cm
= 1,50 m

Ditanya: W = ...?

Jawab:

$W = F_R\,s$
$= [F_2 + (-F_1)]\,s$
$= [250\text{ N} + (-300\text{ N})] \times 1{,}50\text{ m}$
$= -75\text{ Nm} = -75\text{ J}$

Jadi, usaha yang dilakukan Ardi sebesar 75 N searah dengan arah tarikan Ardi.
Keterangan: tanda negatif (-) menunjukkan bahwa arah gaya ke kiri.

Gambar 15.15 Pekerja Menarik Beban di Tanah dengan Tali yang Membentuk Sudut

Gambar 15.16 Penguraian Gaya

c. Gaya membentuk sudut terhadap arah gerak

Jika arah gaya tidak segaris kerja dengan arah geraknya (perpindahannya) atau arah gaya membuat sudut terhadap arah gerak maka gaya itu diuraikan atas gaya yang searah gerak dan gaya yang tegak lurus arah gerak.

Misalnya, seorang pekerja menarik beban di tanah dengan tali yang membuat sudut terhadap tanah. Besar gaya tarik = F dan perpindahan beban = s. Gaya F diuraikan atas gaya F_1 pada tanah dan gaya F_2 yang tegak lurus tanah.

Usaha F = usaha F_1 + usaha F_2
$W = W_1 + W_2$
$= (F_1\,s) + 0$

Besarnya usaha

$W = F_1\,s$

F_1 adalah komponen gaya pada arah gerak.

2. Hubungan usaha dan energi

Mengapa sebuah benda dapat melakukan usaha? Gaya yang bekerja pada suatu benda menyebabkan benda berpindah dari kedudukan semula, dikatakan benda melakukan usaha. Sebuah benda dapat melakukan usaha pada benda lain jika memiliki energi. Semakin banyak energi yang dimiliki sebuah benda, semakin besar juga usaha yang dapat dilakukannya.

Usaha dan energi memiliki hubungan yang sangat erat. Jika pada suatu benda terjadi perubahan energi maka benda itu mendapatkan usaha dari gaya yang bekerja padanya. Bagaimana hubungan antara usaha dengan energi kinetik dan energi potensial?

a. Hubungan antara usaha dan energi kinetik

Tahukah kamu, mengapa benda dapat bergerak? Benda dikatakan bergerak jika ada gaya yang bekerja pada benda itu dan benda mengalami perpindahan sehingga melakukan usaha. Besarnya usaha yang dilakukan benda merupakan perubahan energi kinetik pada benda. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut.

$$W = E_{k_2} - E_{k_1}$$

W = usaha yang dilakukan oleh benda (J)
E_{k1} = energi kinetik awal benda (J)
E_{k2} = energi kinetik akhir benda (J)

Contoh Soal 15.7

Soal

Wawan mengayuh sepeda mula-mula dengan kelajuan 1 m/s. Kemudian, kelajuannya ditambah sehingga menjadi 2 m/s. Jika massa sepeda yang dikayuh 15 kg, berapakah usaha yang dilakukan Wawan pada sepedanya?

Pembahasan

Diketahui:

v_1 = 1 m/s
v_2 = 2 m/s
m = 15 kg

Ditanya:

W = ...?

Jawab:

$$E_{k1} = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2} \times (1 \text{ m/s})^2$$
$$= 7{,}5 \text{ kg m}^2/\text{s}^2 = 7{,}5 \text{ J}$$

$$E_{k2} = \frac{1}{2}mv_2^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 15 \text{ kg} \times (2 \text{ m/s})^2$$

$= 7{,}5 \text{ kg} \times 4 \text{ m}^2/\text{s}^2$

$= 30 \text{ J}$

$W = E_{k_2} - E_{k_1}$

$= 30 \text{ J} - 7{,}5 \text{ J} = 22{,}5 \text{ J}$

Jadi, usaha yang dilakukan Wawan pada sepedanya sebesar 22,5 joule.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan materi ini.
http://id.wikipedia.org/wiki/Fisika
http://free.vlsm.org

3. Hubungan usaha dan energi potensial

Pernahkah kamu memindahkan benda dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi, misalnya dari kursi ke atas meja, atau sebaliknya? Jika pernah, itu berarti kamu telah melakukan usaha pada benda itu sehingga benda berpindah dari kursi ke meja. Energi potensial benda yang berada di kursi setelah kamu pindahkan ke meja maka berubah karena ketinggian kursi dan meja berbeda. Jika energi potensial benda pada saat berada di kursi sebesar E_{P1} dan energi potensial benda setelah berada di meja sebesar E_{P2} maka besar usaha yang kamu lakukan pada benda dirumuskan sebagai berikut.

$$W = E_{P2} - E_{P1}$$

W = usaha yang dilakukan pada benda (J)
Ep_1 = energi potensial benda pada keadaan awal (J)
Ep_2 = energi potensial benda pada keadaan akhir (J)

Contoh Soal 15.8

Soal

Sebuah TV yang massanya 5 kg dipindahkan dari tempat setinggi 100 cm ke tempat yang tingginya 3 m. Jika percepatan gravitasi bumi di tempat itu 10 m/s², berapa usaha yang dilakukan pada TV?

Pembahasan

Diketahui: $m = 5$ kg
$h_1 = 100$ cm $= 1$ m
$h_2 = 3$ m
$g = 10$ m/s²

Ditanya: $W = ...?$

Jawab: $W = E_{p_2} - E_{p_1}$

$= mgh_2 - mgh_1$

$= mg\,(h_2 - h_1)$

$= 5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \, (3 \text{ m} - 1 \text{ m})$

$= 100 \text{ kg m}^2/\text{s}^2 = 100 \text{ J}$

Jadi, usaha yang dilakukan pada TV sebesar 100 Joule.

Uji Latih Diri 15.2

1. Sebuah benda yang sedang jatuh ke bumi energi potensialnya berkurang, sedangkan energi kinetiknya bertambah. Bagaimana besarnya usaha yang dilakukan benda jika dilihat dari perubahan energi potensialnya? Bagaimana jika dilihat dari perubahan energi kinetiknya?
2. Untuk menahan laju sebuah mobil, rem bekerja dengan gaya 6.000 N. Mobil baru berhenti setelah direm sejauh 10 m. Berapa usaha rem?

C. Pesawat Sederhana

Pesawat sederhana dalam fisika diartikan sebagai alat yang dapat mempermudah pekerjaan. Misalnya, katrol dan tuas. Mari kita bahas pesawat sederhana yang sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari.

1. Tuas atau pengungkit

Tuas atau pengungkit merupakan pesawat sederhana yang usianya paling tua dibanding pesawat sederhana yang lain. Tuas sudah digunakan sejak kehidupan nenek moyang kita. Pada saat itu, tuas digunakan untuk memindahkan benda-benda berat sehingga pekerjaannya menjadi ringan. Misalnya, memindahkan batu-batu besar untuk membuat candi dan piramida. Adakah tuas di rumahmu? Jika ada, apa fungsi tuas tersebut?

Titik *A* pada Gambar 15.18 di samping disebut titik kuasa, yaitu tempat melakukan usaha (kerja). Titik *B* disebut titik beban, yaitu tempat beban diletakkan. Titik *C* disebut titik tumpu, tempat pesawat ditumpu. Jarak kuasa ke titik tumpu (jarak *AC*) disebut lengan kuasa (l_k). Jarak titik beban ke titik tumpu (jarak *BC*) disebut lengan beban (l_b). Massa kuasa adalah m_A dan massa beban adalah m_B. Massa beban dan massa kuasa berbanding terbalik dengan panjang lengan masing-masing.

Jadi,

$$m_A : m_B = l_b : l_k$$

atau

$$m_A\, l_k = m_B\, l_b$$

Jika kedua ruas dikalikan dengan g maka

$$m_A\, g\, l_k = m_B\, g\, l_k$$

$$w_A\, l_k = w_B\, l_b$$

Besarnya $w_A = F$ = kuasa, yaitu gaya yang dikerjakan, sedangkan $w_B = w$ = beban yang diangkat.

$F\ l_k = w\ l_b$

F = gaya yang bekerja (N)

w = beban (N)

l_k = lengan kuasa (m atau cm)

l_b = lengan beban (m atau cm)

a. penarik paku

b. gunting

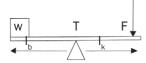
c. pembuka tutup botol

Gambar 15.17 Tuas
Sumber gambar: www.planetpromosi.com; www.bamboo.hc.edu.tm; http://bpo.blogger.com

Gambar 15.18 Prinsip Kerja Tuas

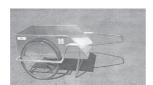
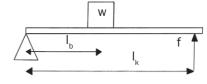
Perbandingan antara beban dengan kuasa disebut keuntungan mekanik (*KM*) pesawat. Jadi,

$$KM = \frac{w}{F} = \frac{l_k}{l_b}$$

a. tang

b. skema tuas jenis pertama

Gambar 15.19 Tuas Jenis Pertama
Sumber Gambar: *library. thinkquest.org*

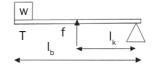
Berdasarkan titik tumpunya, tuas dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu

a. tuas jenis pertama,
   Letak titik tumpu tuas jenis ini berada di antara titik beban dan titik kuasa. Contoh tuas jenis pertama, yaitu tang dan neraca.
b. tuas jenis kedua;
   Pada tuas jenis kedua, titik beban berada di antara titik tumpu dan titik kuasa. Contohnya, pembuka tutup botol dan gerobak dorong.

a. gerobak dorong

b. skema tuas jenis kedua

Gambar 15.20 Tuas Jenis Kedua
Sumber Gambar: www.theironworker.com

c. tuas jenis ketiga.
   Titik kuasa pada tuas jenis ini berada di antara titik tumpu dan titik beban. Tuas jenis ketiga dijumpai pada lengan tangan yang sedang digunakan untuk memegang benda. Misalnya, tangan yang sedang memegang gelas air minum.

a. lengan tangan yang sedang memegang benda

b. skema tuas jenis ketiga

Gambar 15.21 Tuas Jenis Ketiga
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Contoh Soal 15.9

Soal

Seseorang memikul dua benda, masing-masing beratnya 200 N dan 300 N. Kedua benda tersebut dipikul dengan sebuah tongkat. Benda yang beratnya 200 N terletak pada jarak 150 cm dari titik tumpu pada salah satu ujung tongkat. Berapa panjang tongkat minimal yang diperlukan agar kedua benda yang dipikul tersebut dalam keadaan setimbang?

Pembahasan

Diketahui: $w_1 = 200$ N

$w_2 = 300$ N

$l_1 = 150$ cm = 1,5 m

Ditanya: $l = ...?$

Jawab: $w_1\, l_1 = w_2\, l_2$

$$l_2 = \frac{w_1\ l_1}{w_2}$$

$$= \frac{200\ \text{N} \times 1{,}5\ \text{m}}{300\ \text{N}} = 1\text{m}$$

$$l = l_1 + l_2$$

= 1,5 m + 1 m = 2,5 m

Jadi, panjang tongkat minimal adalah 2,5 m.

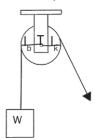
Refleksi Diri

Kaum wanita sering menggunakan sandal atau sepatu berhak tinggi. Tanpa kita sadari, bahwa sepatu atau sandal berhak tinggi menggunakan prinsip kerja tuas Bagaimana prinsip kerja tuas yang diterapkan dalam gambar berikut?

Sepatu Berhak Tinggi
Sumber Gambar: www.eurotailor.com

2. Katrol

Seperti halnya tuas, katrol adalah salah satu pesawat sederhana yang digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia. Katrol dibedakan menjadi 3 macam, yaitu katrol tetap, katrol bergerak, dan katrol gabungan atau sistem katrol.

a. contoh penggunaan katrol tetap

b. skema katrol tetap

Gambar 15.22 Katrol Tetap
Sumber Gambar: Dokumantasi Penerbit

a. Katrol tetap

Katrol tetap adalah katrol yang letaknya tetap. Pada katrol tetap berlaku rumus tuas $w\, l_b = F\, l_k$. Karena lengan beban sama dengan lengan kuasa ($l_b = l_k$) maka gaya kuasa sama dengan beban yang diangkat, dirumuskan sebagai berikut.

$$F = w$$

F = gaya kuasa

w = berat beban

Keuntungan mekanik katrol tetap dirumuskan sebagai berikut.

$$KM = \frac{w}{F} = \frac{l_k}{l_b}$$

$$= 1$$

KM = keuntungan mekanik katrol
w = berat benda (N)
F = gaya kuasa (N)
l_k = lengan kuasa (m)
l_b = lengan beban (m)

Peralatan sehari-hari yang menggunakan katrol tetap, contohnya kerekan air sumur. Adakah peralatan di rumahmu yang menggunakan katrol tetap?

Contoh Soal 15.10

Soal

Seseorang mengangkat balok kayu yang beratnya 200 N setinggi 4 m. Berapa besar gaya yang diperlukan untuk mengangkat balok kayu dan usaha yang dilakukan orang tersebut pada balok kayu?

Pembahasan

Diketahui: w = 200 N
s = h = 4 m

Ditanya: F = ...?
W = ...?

Jawab:

Keuntungan mekanik katrol tetap = 1

$$KM = \frac{w}{f}$$

$$F = \frac{w}{KM} = \frac{200\ N}{1} = 200N$$

Besar gaya untuk mengangkat balok kayu 200 N.

$$W = F\,s = 200\ \text{N} \times 4\ \text{m} = 800\ \text{Nm} = 800\ \text{J}$$

Jadi, besar usaha yang dilakukan pada balok kayu adalah 800 J.

b. Katrol bergerak

Disebut katrol bergerak karena katrol dapat bergerak bebas. Beban digantungkan pada bagian poros atau sumbu katrol dan dihubungkan dengan tali. Seperti pada katrol tetap, pada katrol bergerak juga berlaku rumus sebagai berikut.

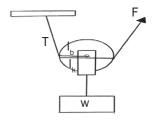
$$w \times l_b = F\, l_k$$

Panjang lengan kuasa dua kali panjang lengan beban ($l_k = 2l_b$)

atau $\frac{l_k}{l_b} = 2$

Dengan demikian, keuntungan mekanik katrol bergerak secara matematis dirumuskan sebagai berikut.

$$KM = \frac{l_k}{l_b}$$

$$= \frac{w}{f} = 2 \quad \text{atau} \quad F = \frac{1}{2}w$$

Gambar 15.23 Skema Katrol Bergerak

Contoh Soal 15.11

Soal

Seorang anak mengangkat batu bata dengan menggunakan katrol bergerak. Jika gaya yang digunakan sebesar 125 N, berapa berat beban yang dapat diangkat?

Pembahasan

Diketahui: F = 125 N

Ditanya: w = ...?

Jawab:

Keuntungan mekanik katrol tetap = 2

$$KM = \frac{w}{f}$$

$$w = KM\,F$$

$$= 2 \times 125 \text{ N}$$

$$= 250 \text{ N}$$

Jadi, beban yang dapat diangkat anak tersebut sebesar 250 N.

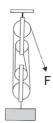
c. Sistem katrol (takal)

Sistem katrol tersusun dari beberapa katrol. Sistem ini digunakan untuk mengangkat beban-beban yang sangat berat. Misalnya, untuk mengangkat kerangka jembatan atau mengangkat mobil rusak. Keuntungan mekanik sistem katrol dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$KM = \frac{w}{f} = n$$

n = jumlah katrol

Sistem katrol pada gambar di samping tersusun dari empat katrol. Berapakah keuntungan mekanik sistem katrol tersebut?

a. contoh penggunaan sistem katrol (takal)

a. skema sistem katrol (takal)

Gambar 15.24 Sistem Katrol
Sumber Gambar: www.kapcasalboni.it

Contoh Soal 15.12

Soal

Sebuah takal (sistem katrol) digunakan untuk mengangkat batu seberat 600 N. Jika takal itu tersusun dari 4 katrol, berapakah

a. keuntungan mekanik takal;
b. gaya tarik yang diperlukan untuk mengangkat batu?

Pembahasan

Diketahui: $w = 600$ N
$n = 4$

Ditanya: a. $KM = ...?$
b. $F = ...?$

Jawab:

a. KM = n = 4

Jadi, keuntungan mekanik takal adalah sebesar 4.

b. $KM = \frac{w}{f}$

$$F = \frac{w}{KM}$$

$$= \frac{600\ N}{4} = 150N$$

Jadi, gaya yang digunakan untuk mengangkat batu tersebut sebesar 150 N.

3. Bidang miring

Dalam kehidupan sehari-hari, bidang miring digunakan sebagai alat bantu untuk menaikkan barang-barang ke atas truk. Gaya yang digunakan untuk menaikkan barang-barang ke atas truk dengan bidang miring jauh lebih kecil dibandingkan jika mengangkatnya dengan tangan secara langsung. Bagaimana hubungan antara gaya kuasa dengan panjang bidang miring?

Jika tinggi bidang miring h, panjang bidang miring s, berat benda yang dinaikkan melalui bidang miring w, dan gaya yang digunakan untuk memindahkan benda itu sebesar F maka keuntungan mekanik bidang miring dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

Gambar 15.25 Skema Bidang Miring

$$KM = \frac{w}{f} = \frac{s}{h}$$

KM = keuntungan mekanik

Contoh Soal 15.13

Soal

Seseorang menaikkan drum minyak ke atas truk dengan menggunakan bidang miring yang panjangnya 3 meter. Jika tinggi bak truk 120 cm, berapa keuntungan mekanik bidang miring yang digunakan? Jika berat drum 2.400 N, berapa besar gaya untuk menaikkan drum itu?

Pembahasan

Diketahui: s = 3 m
h = 150 cm = 1,5 m

Ditanya: KM = ...?
F = ...?

Jawab: $KM = \frac{s}{h} = \frac{3\ m}{1,2\ m} = 2,5$

$$KM = \frac{w}{f}$$

$$F = \frac{w}{KM}$$

$$= \frac{2.400\ N}{2,5} = 960N$$

Jadi, keuntungan mekanik bidang miring yang digunakan untuk menaikkan drum ke atas bak truk adalah $2\frac{1}{2}$ dengan gaya 960 N.

a. pahat

b. kapak

c. sekrup

d. jalan berkelok-kelok di pegunungan

e. tangga

Gambar 15.26 Penerapan Bidang Miring dalam Kehidupan Sehari-hari
Sumber Gambar: www.barbarossa-guitars.com, www.rogersarkansas.com, www.duke.edu, www.geog.ucsb.edu, www.woodjoiners.com

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://id.wikipedia.org/wiki/Pesawat_sederhana
www.fisikanet.lipi.go.id\

Bagaimana prinsip bidang miring yang diterapkan pada setiap gambar tersebut?

4. Roda gigi atau gir

Gir merupakan salah satu pesawat sederhana. Pengertian keuntungan mekanik pada gir sering disebut sebagai kecepatan rotasi. Besar kecepatan rotasi relatif sepasang gir dapat diketahui dengan menghitung jumlah gigi pada masing-masing gir. Semakin banyak jumlah gigi pada gir penggerak, semakin kecil kecepatan rotasinya, demikian juga sebaliknya. Kecepatan keluaran atau kecepatan sesungguhnya sepasang gir dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{kecepatan keluaran} = \frac{\text{kecepatan masukan} \times \text{gigi masukan}}{\text{gigi keluaran}}$$

atau

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 \, G_1}{G_2}$$

Keuntungan mekanik roda gigi (gir) adalah perbandingan roda keluaran dengan roda masukan.

$$KM = \frac{R}{r} = \frac{G_2}{G_1}$$

ω_1 = kecepatan masukan
ω_2 = kecepatan keluaran
G_1 = jumlah gigi pada roda pertama
G_2 = jumlah gigi pada roda kedua
R = jari-jari gir besar
r = jari-jari gir kecil

Contoh Soal 15.14

Soal

Roda bergigi 18 buah menggerakkan roda lain yang jumlah giginya 54 buah. Jika kecepatan rotasinya 6 putaran/sekon, berapakah kecepatan rotasi roda gigi yang kedua? Berapa keuntungan mekaniknya?

Pembahasan

Diketahui:

G_1 = 18
G_2 = 54
ω_1 = 6 putaran/sekon

Ditanya:

ω_2 = ...?
KM = ...?

Jawab:

$$\omega_2 = \frac{6 \text{ put/s} \times 18}{54}$$

$$= 2 \text{ put/s}$$

$$KM = \frac{G_2}{G_1}$$

$$= \frac{54}{18} = 3$$

Jadi, kecepatan putaran roda yang kedua adalah 2 putaran per sekon dan keuntungan mekanik roda bergigi tersebut adalah 3.

Peralatan hasil teknologi yang memanfaatkan gir, contohnya sepeda. Dapatkah kamu menyebutkan peralatan lainnya yang menggunakan gir? Gir-gir itu ada yang dihubungkan dengan rantai, misalnya, gir pada sepeda. Akan tetapi, ada juga gir yang langsung bertautan satu sama lain, misalnya gir pada sepeda motor.
Gir-gir yang saling bertautan dikelompokkan menjadi empat macam, yaitu gir siku-siku, gir para-para, gir pendorong, dan gir cacing.

Gambar 15.27 Gir Siku-Siku
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Gambar 15.28 Kunci Inggris Memanfaatkan Gir Para-Para
Sumber Gambar: www.nmri.go. jp

Gambar 15.29 Gir Pendorong
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

Gambar 15.30 Penerapan Gir Cacing
Sumber Gambar: www. bootsmandolins.com

Uji Latih Diri 15.3

1. Sebuah kotak mempunyai berat $4,5 \times 10^6$ N. Kotak itu akan dinaikkan ke atas truk menggunakan papan yang panjangnya 4,2 m. Tinggi truk 1,4 m. Berapa usaha, gaya dorong, dan keuntungan mekaniknya?
2. Dua buah gir masing-masing memiliki gigi sebanyak 20 dan 36. Jika kecepatan putaran roda kedua 3 putaran/sekon, berapa kecepatan putaran roda pertama?

D. Daya

Kita sering mendengar bahwa seseorang lebih kuat daripada orang lain dan sebuah mesin memiliki kekuatan lebih besar daripada mesin lain. Bagaimana hal itu dapat dibuktikan? Penasarankah kamu? Mari kita lakukan kegiatan berikut ini.

Kegiatan Ilmiah 15.2

Daya

Tujuan Mendefinisikan pengertian daya.

Alat dan Bahan Meja yang berat, stopwatch, dan meteran.

Petunjuk Kerja

1. Pilih salah satu temanmu yang paling lemah untuk mendorong meja sejauh 3 m. Ukur waktu yang dibutuhkan temanmu tersebut dengan menggunakan *stopwatch*.
2. Pilih temanmu yang lain untuk melakukan langkah pertama. Catat waktu yang diperlukan.
3. Ulangi langkah pertama untuk teman-temanmu yang lain terutama yang paling kuat. Catat waktu yang diperlukan.
4. Pilih dua orang temanmu yang paling kuat untuk melakukannya bersama-sama.

Bahan Diskusi

1. Samakah waktu yang diperlukan tiap orang untuk mendorong meja itu?
2. Siapa yang memerlukan waktu terbanyak? Siapa yang memerlukan waktu terkecil? Informasi: mendorong meja yang sama dalam jarak yang sama berarti usahanya sama.
3. Siapa yang paling cepat melakukan usaha itu? Siapa yang paling lambat melakukan usaha itu?
4. Kecepatan melakukan usaha berarti kekuatan atau daya (*power*). Jadi, apakah daya itu?
5. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan kegiatan di atas, daya adalah usaha yang dilakukan tiap satuan waktu seperti dirumuskan sebagai berikut.

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

P = daya (joule/detik = watt)
W = usaha (joule)
Δt = waktu (detik)

Dalam praktik, satuan daya yang lain yang sering digunakan, yaitu hp (*horse power*) atau dk (daya kuda) atau pk (*paardekracht*).

1 hp = 746 J/s = 746 watt

Contoh Soal 15.15

Soal

Sebuah mesin dapat mengangkat beban 1.492 N dari tanah ke tempat yang tingginya 3 m dalam waktu 10 s. Berapa usaha dan daya mesin itu?

Pembahasan

Diketahui: F = 1.492 N
s = 3 m
t = 10 s

Ditanya: W = ...?
P = ...?

Jawab: $W = F\ s$
$= 1.492 \times 3$
$= 4.476$ J

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$
$$= \frac{4.476}{10}$$
$= 447{,}6$ watt
$= 0{,}6$ hp

Jadi, usaha mesin adalah 4.476 J dan dayanya 0,6 hp.

Pada saat pesawat digunakan, pekerjaan lebih mudah, Tidak semua energi yang dikeluarkan berguna. Akan tetapi, sebagian energi akan berubah menjadi energi lain. Misalnya, energi panas dan energi bunyi.

Perbandingan antara energi (usaha) yang berguna terhadap energi (usaha) yang dikeluarkan disebut efisiensi.

$$\eta = \frac{\text{W berguna}}{\text{W total}} \times 100\%$$

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi-website-website berikut untuk manambah wawasan materi ini.
www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi?cetakartikel&1188954789 - 11k –
www.isekolah.org/file/h_1091157160.doc

Soal

Contoh Soal 15.16

Sebuah alat pengangkat dengan daya 5 pk digunakan untuk mengangkat beban 40.284 N ke tempat yang tingginya 10 m. Untuk melakukan itu, waktu yang diperlukan 2 menit. Berapakah efisiensinya?

Pembahasan

Diketahui: $P = 5$ pk
$= 5 \times 746 = 3.730$ watt
$w = F = 40.284$ N
$h = s = 10$ m
$\Delta t = 2$ menit $= 120$ detik

Ditanya: $\eta = ...?$

Jawab: $W_{berguna} = F\,s$
$= 40.284 \times 10 = 402.840$ J
$W_{total} = P\,\Delta t$
$= 3.730 \times 120 = 447.600$ J

$$\eta = \frac{W_{berguna}}{W_{total}} \times 100\%$$
$$= \frac{402.840}{447.600} \times 100\% = 90\%$$

Jadi, efisiensi alat pengangkat tersebut adalah 90%.

Uji Latih Diri 15.4

1. Buldoser yang memiliki mesin dengan daya 50 pk digunakan untuk menaikkan tanah ke atas bak truk. Tinggi bak truk 1,5 m. Buldoser mampu memindahkan 108 ton tanah dalam waktu 1 menit. Berapakah
   a. daya mesin seluruhnya;
   b. daya mesin sesungguhnya;
   c. efisiensi mesin itu?
2. Pada sebuah alat listrik tertulis 500 watt. Berapakah energi yang digunakan alat itu dalam waktu 5 menit?

Tugas Proyek

Coba kamu amati semua aktivitas yang terjadi di lingkungan sekitarmu? Kemudian, kamu amati apa yang dilakukan anggota atau sekelompok masyarakat yang berkaitan dengan perubahan energi. Perubahan energi apa sajakah yang terjadi? Coba kamu buat suatu laporan singkat hasil pengamatanmu tersebut.

Rangkuman

Energi adalah kemampuan benda untuk melakukan kerja. Energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk lain, seperti energi kinetik dan energi potensial. Besarnya perubahan energi sama dengan besarnya usaha. Besarnya usaha sebanding dengan besarnya gaya dan perpindahan. Jika arah gaya sama dengan arah perpindahan maka usaha bernilai positif. Sebaliknya, usaha bernilai negatif jika arah gaya berlawanan dengan arah perpindahan.

Alat untuk memudahkan kerja disebut pesawat. Pesawat tidak dapat mengurangi besarnya usaha. Kecepatan suatu pesawat dalam bekerja atau usaha yang dilakukan tiap detik disebut daya.

Evaluasi Diri 15

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Alat berikut yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak adalah ....
   a. lampu listrik
   b. pesawat televisi
   c. kipas angin
   d. bel listrik

2. Pada proses pemakaian aki terjadi perubahan energi ....
   a. kalor menjadi kimia
   b. kimia menjadi listrik
   c. cahaya menjadi kimia
   d. bel listrik
3. Energi yang dimiliki benda karena kedudukannya dari bumi disebut energi ....
   a. kinetik
   b. kimia
   c. potensial gravitasi
   d. kalor
4. Sebuah pigura foto massanya 200 gram berada pada ketinggian 3 meter dari lantai. Jika percepatan gravitasi bumi 9,8 m/s^2 maka besarnya energi potensial pigura itu adalah ....
   a. 588 joule
   b. 16,3 joule
   c. 7,25 joule
   d. 5,88 joule
5. Sebuah benda yang tergantung pada dinding ruang memiliki energi potensial 15 Joule. Jika berat benda tersebut 4 newton maka ketinggian letak benda adalah ....
   a. 3,75 m
   b. 37,5 m
   c. 47,5 m
   d. 60 m
6. Sebuah peluru ditembakkan dari senapan dengan kecepatan 25 m/s. Jika massa peluru tersebut 20 gram maka energi kinetiknya adalah ....
   a. 625 J
   b. 62,5 J
   c. 6,25 J
   d. 0,625 J
7. Sebuah batu yang massanya 250 gram dilemparkan vertikal ke atas dengan kecepatan awal 6 m/s. Besarnya energi potensial batu pada waktu mencapai titik tertinggi adalah ....
   a. 1,50 J
   b. 4,5 J
   c. 150 J
   d. 4.500 J
8. Sebuah genting jatuh dari suatu ketinggian tertentu. Setelah mencapai tanah, menghasilkan energi kinetik maksimal sebesar 64 Joule. Jika berat genting tersebut 16 newton maka genting tersebut terjatuh dari ketinggian ....
   a. 40 m
   b. 4 m
   c. 2,5 m
   d. 0,25 m
9. Sebuah mesin mengangkat beban seberat 80 N setinggi 4 m selama 10 detik. Daya mesin tersebut adalah ....
   a. 0,5 W
   b. 5 W
   c. 32 W
   d. 200 W
10. Sebuah pengungkit digunakan untuk memindahkan sebuah benda seberat 150 N. Jika panjang lengan beban 0,5 m dan lengan kuasa 1,5 m maka gaya yang diperlukan untuk mengungkit atau memindahkan beban tersebut adalah ....
    a. 50 N
    b. 75 N
    c. 100 N
    d. 225 N
11. Titik beban tuas jenis kedua berada di antara titik tumpu dan titik kuasa. Alat berikut yang termasuk tuas jenis kedua adalah ....
    a. gunting
    b. pembuka tutup botol
    c. neraca sama lengan
    d. alat pemotong kuku
12. Staples tergolong tuas jenis ....
    a. pertama
    b. kedua
    c. ketiga
    d. keempat
13. Keuntungan mekanik katrol bergerak adalah ....
    a. 1
    b. 2
    c. 3
    d. 4

14. Pada sistem katrol, setiap sistem terdiri atas dua katrol tetap. Jika kuasa yang digunakan untuk menarik beban sebesar 100 N maka beban yang dapat diangkat sebesar ....
    a. 400 N
    b. 200 N
    c. 100 N
    d. 25 N
15. Gir yang dapat mengubah gerak berputar menjadi gerak lurus adalah ....
    a. pendorong
    b. para-para
    c. cacing
    d. siku-siku

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Benda yang massanya 5 kg berada pada ketinggian 20 m di atas tanah. Kemudian, benda itu jatuh. Berapakah
    a. energi potensial dan energi kinetik setelah jatuh sejauh 5 m;
    b. kecepatan benda saat mencapai tanah?
2. Benda yang massanya 100 g dilemparkan ke atas dengan kecepatan awal 10 m/s. Berapakah
    a. E_p dan E_k mula-mula;
    b. E_p dan E_k pada ketinggian 4,2 m dari tanah;
    c. tinggi maksimum yang dapat dicapai benda?
3. Kotak barang 4 ton akan dinaikkan ke kapal yang tingginya 3 m dengan menggunakan takal dari 5 katrol dengan efisiensi 95%. Jika $g = 10$ m/s^2, berapakah
    a. usaha takal;
    b. energi yang dilakukan;
    c. gaya tarik pada takal;
    d. keuntungan mekaniknya?

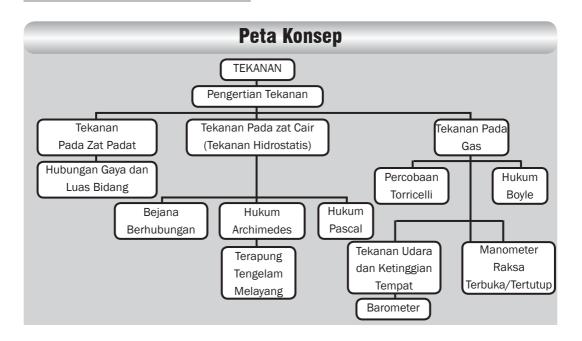
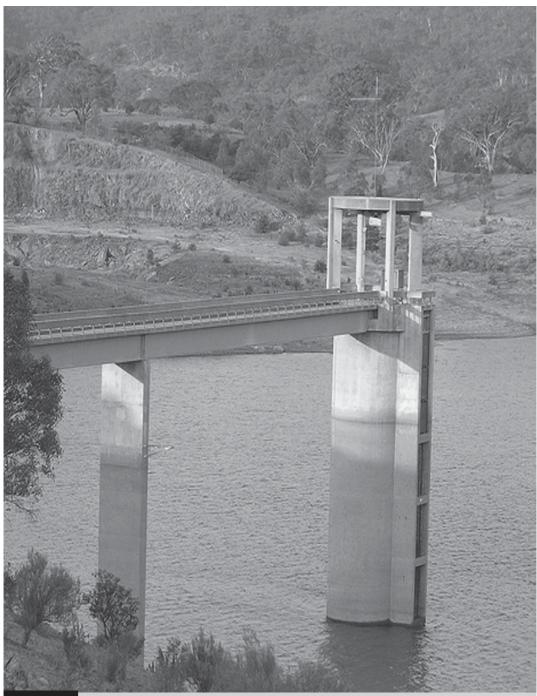
BAB XVI

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

1. menemukan hubungan antara gaya, tekanan, dan luas daerah yang dikenai gaya;
2. mengaplikasikan konsep tekanan pada benda padat untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari;
3. mengaplikasikan konsep bejana berhubungan dalam kehidupan sehari-hari;
4. mendeskripsikan hukum Pascal dan Archimedes melalui percobaan sederhana serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari;
5. menunjukkan beberapa produk teknologi dalam kehidupan sehari-hari sehubungan dengan konsep benda terapung, melayang, dan tenggelam;
6. mengaplikasikan konsep tekanan dalam zat cair pada peristiwa alam yang relevan;
7. menjelaskan hubungan antara ketinggian tempat dengan tekanan udaranya;
8. mengaplikasikan konsep tekanan pada gas untuk menyelesaikan masalah sehari-hari.

TEKANAN PADA BENDA PADAT, CAIR, DAN GAS

Peta Konsep

Gambar 16.1 **Bendungan Air**

Sumber Gambar:http://farm1.static.flickr.com

Adakah bendungan di daerahmu? Tahukah kamu, mengapa bagian dasar tanggul bendungan air dibuat lebih lebar atau lebih tebal dibandingkan bagian atasnya? Apa pengaruhnya terhadap air yang tertampung dalam bendungan itu? Mau tahu, mari ikuti pembahasan berikut ini.

A. Tekanan pada Benda Padat

Kata-Kata Kunci (*Key Words*)

- altimeter
- Archimedes
- barometer
- baroskop
- gradien barometrik
- manometer
- Pascal
- paradoks hidrostatis
- pipa pindah
- pipet
- tekanan

Pernahkah kamu merasakan bahwa memotong sesuatu akan lebih mudah jika menggunakan pisau tajam dibandingkan pisau tumpul? Mengapa demikian?

Tekanan ditentukan oleh besarnya gaya yang bekerja dan luas bidang singgung (bidang kerja) antara gaya dengan bidangnya seperti dirumuskan sebagai berikut.

$$P = \frac{F}{A}$$

P = tekanan (N/m^2 atau dn/cm^2)
A = luas bidang (m^2 atau cm^2)
F = gaya (Newton atau dyne)

Satuan tekanan dalam SI adalah N/m^2 atau Pascal (Pa).

$1\ N/m^2 = 1\ Pa$

Gambar 16.2 Pisau
Sumber Gambar: www.ncc.com

Contoh Soal 16.1

Soal

Benda yang beratnya 600 Newton terletak di lantai dengan luas bidang singgung $50\ dm^2$. Berapa tekanan benda pada lantai?

Pembahasan

Diketahui: $w = F = 600$ N
$A = 50\ dm^2 = 0{,}5\ m^2$

Ditanya: $P = ...?$

Jawab:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{600}{0{,}5} = 1.200\ N/m^2$$

Jadi, tekanan pada lantai sebesar $1.200\ N/m^2$.

Uji Latih Diri 16.1

1. Amati peralatan rumah tangga dan tukang kayu, seperti parang, pisau, gergaji, pahat, palu, ketam, dan bor. Mengapa tangkai pemegang alat-alat tersebut dibuat lebih tebal dan lebih besar? Adakah hubungannya dengan gaya dan tekanan?
2. Massa jenis sebuah kubus besi $7.860\ kg/m^3$ berada di atas meja. Jika panjang sisi kubus besi tersebut 40 cm, berapakah
   a. berat besi jika $g = 10\ m/s^2$;
   b. tekanan yang diberikan kubus besi pada permukaan meja?

B. Tekanan dalam Zat Cair

Ketika berenang, semakin menyelam ke dalam air, mengapa badan terasa terdorong ke atas? Apakah zat cair memberikan tekanan? Untuk mempelajarinya lebih lanjut, mari kita lakukan kegiatan berikut ini.

Gambar 16.3 Tekanan dalam Zat Cair
Sumber Gambar: www.seaventures.com, www.joeye.com

Kegiatan Ilmiah 16.1

Tekanan Hidrostatis dan Faktor-Faktor yang Memengaruhinya

Tujuan Mencari faktor-faktor yang memengaruhi tekanan hidrostatis.

Alat dan Bahan Kaleng bekas susu (kaleng yang tinggi); alat Hartl; ember besar; air.

Petunjuk Kerja

1. Lubangi dinding kaleng dengan paku, tetapi tidak sama tingginya. Usahakan besarnya lubang sama. Letakkan kaleng yang sudah dilubangi di tempat yang tinggi.
2. Isi kaleng dengan air sampai penuh. Amati yang terjadi.
3. Siapkan alat Hartl. Atur permukaan zat cair dalam pipa U alat Hartl sama tingginya.
4. Celupkan mangkuk berselaput ke dalam air pada ember besar. Amati permukaan zat cair pada pipa U alat Hartl.
5. Celupkan mangkuk lebih dalam lagi. Amati permukaan zat cair pada pipa U alat Hartl.
6. Putar mangkuk berselaput ke segala arah dalam air, tetapi pada kedalaman yang sama. Amati lagi permukaan zat cair pada pipa U.

Bahan Diskusi

1. Apa yang terjadi pada waktu kaleng diisi air? Mengapa air keluar dari kaleng?
2. Samakah jarak pancaran air pada lubang-lubang kaleng? Apa sebabnya?
3. Faktor apa saja yang mempengaruhi tekanan hidrostatis zat cair?
4. Bagaimana permukaan zat cair pada pipa U alat Hartl saat selaput dicelupkan ke dalam air? Mengapa?
5. Bagaimana beda permukaan zat cair pada pipa U alat Hartl saat selaput makin tercelup ke dalam air? Faktor apa saja yang mempengaruhi tekanan hidrostatis?
6. Bagaimana beda permukaan zat cair pada pipa U alat Hartl saat selaput diputar pada kedalaman yang sama?
7. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Jika air diganti minyak tanah, bagaimana perubahan tinggi permukaan zat cair pada pipa U? Apakah massa jenis zat cair mempengaruhi perubahan tingginya dalam bejana?

Berdasarkan percobaan diketahui bahwa tekanan hidrostatis sebanding dengan jarak ke permukaan zat cair dan berat jenis zat cair seperti dirumuskan berikut ini.

$$P = s\,h$$
$$P = \rho\,g\,h$$

P = tekanan hidrostatis (N/m^2 atau dn/cm^2)
h = jarak ke permukaan zat cair (m atau cm)
s = berat jenis zat cair (N/m^3 atau dn/cm^3)
ρ = massa jenis zat cair (kg/m^3 atau g/cm^3)
g = gravitasi (m/s^2 atau cm/s^2)

Contoh Soal 16.2

Soal

Berapa besar tekanan dalam air kolam yang kedalamannya 2 meter jika massa jenis air 1.000 kg/m^3 dan percepatan gravitasi bumi 10 N/kg?

Pembahasan

Diketahui: h = 2 m
ρ = 1.000 kg/m^3
g = 10 N/kg
Ditanya: P = ...?
Jawab: $P = \rho\,g\,h$
$= 1.000\ kg/m^3 \times 10\ N/kg \times 2\ m = 20.000\ N/m^2$

Jadi, tekanan dalam air kolam sedalam 2 m adalah 20.000 N/m^2 = 20.000 Pa.

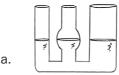
1. Bejana berhubungan

Pernahkah kamu melihat dua bejana atau lebih yang bagian dasarnya saling berhubungan? Bagaimana keadaan zat cair yang diisikan ke dalam bejana berhubungan? Air dalam bejana berhubungan selalu membentuk permukaan datar. Hal ini sesuai dengan hukum bejana berhubungan yang berbunyi jika bejana berhubungan diisi dengan zat cair yang sama dan dalam keadaan seimbang atau diam maka permukaan zat cair terletak pada satu bidang datar. Sifat bejana berhubungan tidak berlaku dalam kondisi berikut ini.

a. Bejana berhubungan berisi lebih dari satu macam zat cair yang tidak dapat bercampur, zat cair yang massa jenisnya lebih kecil permukaannya lebih tinggi;

b. salah satu mulut bejana berhubungan tertutup sehingga tekanan di permukaan zat cair tidak sama, permukaan zat cair dalam bejana yang mulutnya tertutup lebih tinggi dibandingkan dengan permukaan zat cair pada mulut bejana yang tidak tertutup;

a.
b.

c.

d.

c. jika dalam bejana berhubungan terdapat pipa kapiler;
d. jika zat cair dalam bejana berhubungan digoncang-goncangkan atau zat cairnya bergerak.

Jika bejana berhubungan diisi dengan dua macam zat cair yang tidak dapat bercampur, bagaimana permukaan zat cair itu? Perbandingan tinggi setiap zat cair dapat dicari dengan hukum utama hidrostatika.

Misalnya, suatu bejana berhubungan diisi dua macam zat cair yang tidak dapat bercampur dengan berat jenis masing-masing s_1 dan s_2. Tarik garis pada batas permukaan kedua zat cair itu (garis *AB*). Sesuai dengan hukum utama hidrostatika, tekanan di *A* sama dengan tekanan di *B*.

Jadi,

$$P_A = P_B$$
$$h_1 s_1 = h_2 s_2$$
$$h_1 \rho_1 g = h_2 \rho_2 g$$
$$h_1 \rho_1 = h_2 \rho_2 \text{ atau } h_1 : h_2 = \rho_1 : \rho_2$$

Contoh Soal 16.3

Soal

Sebuah bejana berhubungan diisi air. Kemudian, tuang minyak di kaki lainnya hingga tinggi minyak 20 cm terhadap garis setimbang. Berapa tinggi air terhadap garis setimbang jika massa jenis air 1 g/cm³ dan massa jenis minyak 0,8 g/cm³?

Pembahasan

Diketahui: bejana berhubungan (pipa U)

$\rho_1 = 1$ g/cm³

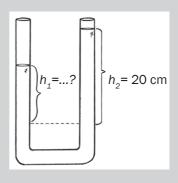
$\rho_2 = 0{,}8$ g/cm³

$h_2 = 20$ cm

Ditanya: $h_1 = ...?$

Jawab: $h_1 \rho_1 = h_2 \rho_2$

$$h_1 = \frac{h_2 \rho_2}{\rho_1}$$

$$= \frac{20 \times 0{,}8}{1} = 16 \; cm$$

Jadi, tinggi air terhadap garis setimbang adalah 16 cm.

Peralatan sehari-hari yang menggunakan prinsip bejana berhubungan, misalnya teko dan alat penyemprot tanaman. Adakah peralatan di rumahmu yang menggunakan prinsip bejana berhubungan?

a. teko

b. alat penyemprot tanaman

Gambar 16.4 Alat-alat yang Menggunakan Prinsip Bejana Berhubungan
Sumber Gambar: www.stashtea.com

2. Hukum Pascal

Jika ke dalam suatu zat cair di ruang tertutup diberikan gaya tekan maka tekanannya akan diteruskan ke segala arah dengan sama rata. Percobaan ini pertama kali dilakukan **Blaise Pascal** (1623–1662). Hukum Pascal menyatakan bahwa tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah sama besar.

Tokohku

Blaise Pascal (1623–1662)

Blaise Pascal lahir di Clermont-Ferrand, Prancis, 19 Agustus 1623. Sejak kecil, Pascal sakit-sakitan sehingga ia tidak bersekolah. Akan tetapi, ia sangat tekun belajar. Pada usia 16 tahun, Pascal telah dapat menulis buku kecil tentang kerucut. Ia sudah dapat membuat kalkulator digital pertama di dunia pada usia 18 tahun.

Pascal adalah ahli fisika, penemu hukum Pascal, alat suntik, kempa hidrolik, dan masih banyak lagi. Penemuan Pascal mengenai tekanan pada zat cair diawali dengan mempelajari percobaan Torricelli sampai pada akhirnya ditemukan hukum tekanan zat cair.

Pada usia 39 tahun, Pascal wafat karena menderita penyakit kanker.

Gambar 16.5 Blaise Pascal
Sumber Gambar: http://thcop.net

Gambar 16.6 Kempa Hidrolik

Amati gambar di samping. Sebuah bejana berhubungan berisi zat cair dengan permukaan zat cair pada kedua bejana ditutup dengan pengisap. Luas bejana $I = A_1$, sedangkan luas bejana $II = A_2$.

Jika pada pengisap I diberi gaya tekan F_1 maka tekanan yang dihasilkan $P_1 = \frac{F_1}{A_1}$ menurut hukum Pascal. Tekanan ini akan diteruskan melalui zat cair ke bejana II sehingga penampang bejana II (A_2) mendapat gaya tekan $F_2 = P_1 A_2 = \frac{F_1}{A_1} . A_2$

Jadi, $P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

P = tekanan yang diteruskan (N/m^2)
F_1 = gaya tekan pada bejana I (N)
F_2 = gaya tekan pada bejana II (N)
A_1 = luas penampang bejana I (m^2)
A_2 = luas penampang bejana II (m^2)

Contoh Soal 16.4

Soal

Sebuah mobil yang beratnya 8.000 N akan diperbaiki bagian bawahnya. Mobil tersebut diangkat dengan alat pengangkat mobil. Piston kecil pada alat pengangkat mobil itu diberi gaya sebesar 200 N. Jika luas penampang piston kecil 5 cm^2, berapakah luas penampang piston besar?

Pembahasan

Diketahui: F_1 = 8.000 N

A_1 = 5 cm^2 = 5×10^{-4} m^2

F_2 = 200 N

Ditanya: A_2 = ...?

Jawab:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$A_2 = \frac{F_2}{F_1} A_1$$

$$= \frac{8.000}{200} \times 5 \times 10^{-4} \times 10^{-1} \text{ m}^2 = 0,2 \text{ m}$$

Jadi, luas penampang piston besar adalah 0,2 m^2.

Alat-alat yang bekerja berdasarkan hukum Pascal antara lain alat pengangkat mobil, dongkrak hidrolik, kempa hidrolik, dan rem mobil.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.fisikanet.lipi.go.id
http://fisika-pelajaran-ipa

a. dongkrak hidrolik b. kempa hidrolik c. rem hidrolik d. pompa hidrolik

Gambar 16.7 Alat-alat yang Bekerja Menggunakan Prinsip Hukum Pascal
Sumber Gambar: www.otctools.com; www.specac.com; , www.mtbbritain.co.uk; www.molysilencerchutes.com

Kilasan IPA

Dongkrak Mengilhami Teknologi Sosrobahu

Sumber: http://www.pikiran-rakyat.com

Apa itu teknologi Sosrobahu? Teknologi ini merupakan teknologi bidang konstruksi yang menggunakan prinsip dongkrak. Alat ini memadukan hukum gesekan untuk memutar beban dan hukum Pascal untuk mengangkat beban. Karya teknik ini diterapkan pada pengerjaan proyek jalan layang.

Tiang penyangga jalan yang sudah kering dan dibangun sejajar ruas jalan, diputar 90^0 melintang jalan. Hal tersebut dilakukan dengan cara memasang piringan baja berdiameter 80 cm dibawa tiang penyangga. Setelah tiang tersebut kering, oli pelumas sebanyak 78,05 kg/cm^2 dipompakan sehingga tiang penyangga dengan mudah dapat diputar.

3. Hukum Archimedes

Kapal laut memiliki ukuran yang sangat besar sehingga massanya dapat mencapai puluhan ton. Dengan massa yang sebesar itu, mengapa kapal laut dapat terapung di permukaan laut? Itu dikarenakan adanya gaya tekan ke atas. Percobaan tentang gaya tekan ke atas, pertama kali dilakukan Archimedes. Hukum Archimedes menyatakan bahwa sebuah benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya dalam zat cair akan mendapat gaya tekan ke atas sebesar berat zat cair yang didesak benda itu.

Gambar 16.8 Kapal Laut
Sumber Gambar: www.mccusker.org

Gaya tekan ke atas yang dialami benda dirumuskan sebagai berikut.

$$F = V_b s_c$$
$$F = V_b \rho_c\ g$$

Berat benda dalam zat cair dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$w' = w - F$$

F = gaya tekan ke atas oleh zat cair (N atau dn)
V_b = volume benda (m^3 atau cm^3)
s_c = berat jenis zat cair (N/m^3 atau dn/cm^3)
ρ_c = massa jenis zat cair (kg/m^3 atau g/cm^3)
g = percepatan gravitasi (m/s^2 atau dn/cm^3)
w' = berat benda dalam zat cair (N atau dn)
w = berat benda di udara (N atau dn)

Gambar 16.9 Archimedes
Sumber Gambar: http://quest.arc.nasa.gov

Contoh Soal 16.5

Soal

Sebuah balok kayu volumenya 12 m^3 terapung di atas minyak yang berat jenisnya 7.500 N/m^3. Jika balok kayu yang muncul di atas permukaan minyak $\frac{2}{3}$ bagian, berapakah gaya tekan ke atas yang dialami balok kayu?

Pembahasan

Diketahui: V_b = 12 m^3

Volume yang tercelup $= V_1 = \frac{1}{3}$ bagian

$= \frac{1}{3} \times 12 \text{ m}^3 = 4 \text{ m}^3$

$S_c = 7.500 \text{ N/m}^3$

Ditanya: $F_a = ...?$

Jawab: $F_a = V_1 \rho g$

$= V_1 s_c$

$= 4 \text{ m}^3 \times 7.500 \text{ N/m}^3 = 30.000 \text{ N}$

Jadi, gaya tekan ke atas yang dialami balok kayu sebesar 30.000 Newton.

Terapung, Melayang, dan Tenggelam

Kapankah sebuah benda dapat terapung, melayang, dan tenggelam dalam zat cair? Jika benda dicelupkan ke dalam zat cair, ada tiga kemungkinan yang terjadi, yaitu

1. terapung;

Benda terapung dalam zat cair jika massa jenis benda lebih kecil daripada massa jenis zat cair dan gaya tekan ke atas sama dengan berat benda.

$$\rho_{benda} < \rho_{zat\ cair}$$
$$F_a = w$$
$$V_1 \rho_c g = V_b \rho_b g$$
$$V_1 = \frac{\rho_b}{\rho_c} V_b$$

V_1 = volume benda yang tercelup

V_b = volume benda

ρ_b = massa jenis benda

ρ_c = massa jenis zat cair

2. melayang;

Benda melayang dalam zat cair jika massa jenis benda sama dengan massa jenis zat cair dan gaya tekan ke atas sama dengan berat benda.

$$\rho_{benda} = \rho_{zat\ cair}$$
$$F_a = w$$

ρ_b dapat berupa massa jenis gabungan dari beberapa zat yang disatukan.

3. tenggelam.

Benda tenggelam dalam zat cair jika massa jenis benda lebih besar daripada massa jenis zat cair dan gaya tekan ke atas lebih kecil daripada berat benda.

$$\rho_{benda} > \rho_{zat\ cair}$$
$$F_a < w$$

Tahukah kamu alat-alat yang prinsip kerjanya berdasarkan hukum Archimedes? Mari kita amati gambar-gambar berikut ini. Dapatkah kamu menjelaskan prinsip kerja alat-alat tersebut?

a. kapal laut

b. kapal selam

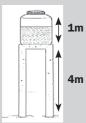
c. galangan kapal

d. jembatan ponton

e. balon udara

Gambar 16.10 Alat-alat yang Bekerja Berdasarkan Hukum Archimedes
Sumber Gambar: www.kmbates.plus.com, www.bazillionbooks.com, www.marinefirefighting.com, http://members.fortunecity.com, www.st-dunstans.org.uk

Uji Latih Diri 16.2

1. Sebuah bak penampungan air (tower) berisi air setinggi 1 meter, bagian dasarnya berada pada ketinggian 4 meter dari permukaan lantai sebuah rumah.

Jika percepatan gravitasi bumi di tempat itu 10 N/kg dan massa jenis air 1.000 kg/m^3, berapakah

a. tekanan air di dasar bak;
b. tekanan air yang memancar melalui kran air yang terpasang di kamar mandi pada ketinggian 150 cm dari lantai?

2. Kubus kayu yang memiliki volume 200 cm^3 terapung di permukaan suatu zat cair. Volume kayu yang muncul di atas permukaan zat cair $\frac{1}{5}$ bagian. Jika massa jenis kayu $5{,}8 \times 10^3$ kg/m^3, berapakah berat jenis zat cair itu?

C. Tekanan Udara

1. Tekanan udara di ruang terbuka

Gambar 16.11 Pendaki Gunung
Sumber Gambar: www.adventureconsultants.co.nz

Mengapa seorang pendaki gunung saat mendaki pada ketinggian tertentu dapat kekurangan oksigen? Tahukah kamu bahwa lapisan udara yang menyelimuti Bumi berlapis-lapis? Lapisan udara yang berada di permukaan Bumi lebih rapat dibanding lapisan di atasnya. Semakin tinggi suatu tempat, kerapatan atau massa jenis udara semakin kecil sehingga jumlah oksigen dalam udara semakin sedikit.

Gambar 16.12 Lapisan-lapisan Udara

Tekanan udara di daerah *A* lebih besar daripada tekanan udara di daerah *B* karena letak *A* terhadap permukaan atmosfer (daerah *D*) lebih jauh dibandingkan *B*. Jadi, semakin ke atas, tekanan udara semakin kecil.

Setiap kenaikan 100 m, tekanan udara akan berkurang 1 cmHg. Bilangan ini disebut gradien barometrik, yaitu bilangan yang menyatakan penurunan tekanan udara tiap kenaikan 100 m. Dengan gradien barometrik, tinggi suatu tempat terhadap permukaan laut dapat ditentukan.

Tekanan udara mula-mula diukur oleh **Torricelli** (1608 – 1647), yaitu menggunakan pipa kaca yang panjang dan salah satu ujungnya tertutup. Pipa itu disebut dengan pipa Torricelli. Pipa diisi raksa hingga penuh. Ujung terbuka pipa ditutup dengan jari, lalu dibalik dan dicelupkan ke dalam bejana berisi raksa, kemudian jari dilepaskan. Ternyata, permukaan raksa dalam pipa turun sedikit sehingga di atas raksa dalam pipa terdapat ruang hampa yang disebut ruang hampa Torricelli. Raksa dalam pipa tidak turun seluruhnya karena udara luar menekan permukaan raksa dalam bejana.

Gambar 16.13 Percobaan Torricelli

Menurut hukum utama hidrostatika, tekanan udara di atas permukaan raksa dalam bejana sama dengan tekanan raksa dalam pipa. Jadi, tekanan udara = tekanan raksa dalam pipa setinggi h = h cmHg. Percobaan di atas permukaan laut menghasilkan nilai h = 76 cm. Tekanan udara di atas permukaan laut disebut satu atmosfer.

1 atm = 76 cmHg

Karena massa jenis raksa = 13,6 g/cm^3 = 13.600 kg/m^3 maka

1 atm = 0,76 m $\times$13.600 kg/m^3 $\times$ 9,8 m/s^2
= 101.292,8 N/m^2 = 101.300 N/m^2 (pembulatan)
= 101.300 Pa

1 Pa = 1 N/m^2

Untuk tekanan udara yang besar digunakan satuan bar.

1 Bar = 10^5 Pa = 10^5 N/m^2

Jadi, 1 atm = 1,013 bar = 1.013 mbar (milibar).

Contoh Soal 16.6

Soal

Seorang pendaki mendaki sebuah gunung hingga puncaknya. Jika sikap barometer raksa di puncak tersebut 55 cmHg, berapa ketinggian gunung yang didaki?

Pembahasan

Diketahui: Tekanan udara = 55 cmHg

Ditanya: Tinggi gunung itu terhadap permukaan laut = ...?

Jawab: Turunnya tekanan udara = 76 – 55

= 21 cmHg

Tinggi gunung = 21×100

= 2.100 m

Jadi, tinggi gunung tersebut adalah 2.100 m di atas permukaan laut.

Masih ingatkah kamu, alat untuk mengukur tekanan udara? Barometer yang sering digunakan ada 2 macam, yaitu barometer raksa dan barometer logam (aneroid). Barometer yang dilengkapi dengan alat untuk menentukan ketinggian suatu tempat disebut altimeter.

a. barometer logam

b. barometer raksa

Gambar 16.14 Barometer
Sumber Gambar:
www.uniquecanes.com,
www.ahoycaptain.com

2. Tekanan udara dalam ruang tertutup

Amati gambar berikut ini.

a. obat nyamuk kaleng

b. cat pilok

c. *hair spray*

Gambar 16.15 Barang-barang yang Memanfaatkan Tekanan Udara dalam Ruang Tertutup
Sumber Gambar:
www.jcu.edu.au, www.geek.is, www.healthandbeautydepot.com

Refleksi Diri

Mengapa air yang ada dalam gelas tidak tumpah? seperti terlihat pada gambar disamping

Seperti pada zat cair, gas yang berada dalam ruang tertutup akan mendapat tekanan ke segala arah sama besar. Alat-alat pada Gambar 16.15 memanfaatkan tekanan udara dalam ruang tertutup. Jika ujungnya dibuka dengan cara ditekan, zat cair yang ada di dalamnya akan keluar. Mengapa hal itu dapat terjadi? Mari kita lakukan kegiatan berikut ini untuk mengetahui hubungan antara volume dan tekanan gas dalam ruang tertutup yang suhunya tidak berubah.

Kegiatan Ilmiah 16.2

Hukum Boyle

Tujuan Membuktikan hukum Boyle.
Alat dan Bahan Pesawat Boyle; alat suntik; beberapa beban.

Petunjuk Kerja

1. Tarik pengisap sehingga terdapat udara tertutup dalam alat Boyle. Tutup alat Boyle itu.
2. Catat volume udara tertutup dalam alat Boyle.
3. Letakkan sebuah beban di atas penyangga beban. Amati pengisap. Setelah pengisap berhenti bergerak, catat volume udara dalam alat Boyle.
4. Ulangi langkah-langkah di atas berturut-turut dengan menggunakan dua buah beban, 3 buah beban, 4 buah beban, dan seterusnya.

Tabel 16.3 Hasil Pengamatan

Jumlah Beban	Volume Udara
0	
1	
2	
3	
4	

Bahan Diskusi

1. Berapa volume udara dalam alat Boyle mula-mula? Berapa tekanannya?
2. Berapa volume udara dalam alat Boyle setelah diberi sebuah beban? Bagaimana tekanan udara sekarang?
3. Berapa volume udara dalam alat Boyle setelah diberi dua beban? Bagaimana tekanannya? Mengapa?
4. Bagaimana penggunaan tiga beban dan empat beban?
5. Apa hubungan antara volume udara tertutup dengan tekanannya?
6. Apa yang dapat kamu disimpulkan dari kegiatan tersebut.

Dari kegiatan ini, bagaimana volume udara jika tekanan udara di ruang tertutup diperbesar? Kegiatan di atas membuktikan bahwa hasil kali tekanan dengan volume suatu gas dalam ruang tertutup adalah tetap dengan syarat suhu gas konstan. Hukum ini dikenal dengan hukum Boyle yang dirumuskan sebagai berikut.

$P\ V =$ konstan atau $P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 = ...$

Gambar 16.16 Robert Boyle
Sumber Gambar: www.ips_it

Hukum Boyle hanya berlaku dalam kondisi
1. suhu gas tetap;
2. gas berada dalam ruang tertutup;
3. tidak terjadi reaksi kimia;
4. tidak terjadi perubahan wujud gas.

Contoh Soal 16.7

Soal

Ruang tertutup yang volumenya 0,2 m^3 berisi gas dengan tekanan 60.000 Pa. Berapakah volume gas jika tekanannya dijadikan 80.000 Pa?

Pembahasan

Diketahui: $P_1 = 60.000\ Pa$

$V_1 = 0{,}2\ m^3$

$P_2 = 80.000$ Pa

Ditanya: $V_2 = ...?$

Jawab: $P_1 V_1 = P_2 . V_2$

$$V_2 = \frac{P_1\ V_1}{P_2}$$

$$= \frac{60.000 \times 0{,}2}{80.000}$$

$$= \frac{1{,}2}{8} = 0{,}15\ m^3$$

Jadi, volume gas sekarang adalah 0,15 m^3.

Apakah tekanan gas di semua tempat dalam satu ruang tertutup sama besar? Besarnya tekanan gas dalam ruang tertutup diukur dengan manometer. Ada tiga jenis manometer, yaitu manometer raksa terbuka, manometer raksa tertutup, dan manometer logam.

Gambar 16.17 Manometer
Sumber Gambar: www.neusob.de

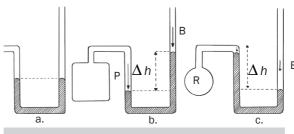
a. Manometer raksa terbuka

Manometer raksa terbuka digunakan untuk mengukur tekanan udara di ruang tertutup yang tekanannya rendah. Besar tekanan gas dalam ruang tertutup dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

P = $(B + \Delta h)$ cmHg

P = tekanan gas dalam ruang tertutup (Pa atau N/m^2)

B = sikap barometer (cm Hg)

Δh = selisih tinggi raksa dalam kedua kaki pipa U (cm)

Gambar 16.18 Manometer Raksa Terbuka

Contoh Soal 16.8

Soal

Manometer raksa terbuka digunakan untuk mengukur tekanan gas dalam ruang tertutup. Jika selisih tinggi raksa pada kedua kaki tabung 10 cm dan sikap barometer menunjukkan 75 cmHg, berapakah tekanan gas dalam ruang itu?

Pembahasan

Diketahui: Δh = 10 cm

B = 75 cm Hg

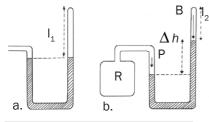
Ditanya: P = ...?

Jawab: $P = B + \Delta h$

= (75 + 10) cm Hg = 85 cmHg

$= \frac{85}{76}$ atm = 1,12 atm

= $1{,}12 \times 10^5$ pascal = $1{,}12 \times 10^5$ N/m^2

Jadi, tekanan gas dalam ruang itu adalah $1{,}12 \times 10^5$ N/m^2.

Gambar 16.19 Manometer Raksa Tertutup

b. Manometer raksa tertutup

Manometer raksa tertutup terbuat dari tabung kaca berbentuk U yang salah satu ujungnya tertutup sehingga di bagian bawah ujung yang tertutup ini terbentuk ruang hampa. Dengan menghubungkan ujung yang lain pada ruang tertutup yang berisi gas maka tekanan gas dalam ruang itu dapat diketahui.

Besarnya tekanan gas yang diukur adalah

$$P = \left(\frac{l_1}{l_2} \times B + \Delta h\right)\ cmHg$$

P = tekanan gas yang diukur (cmHg)
l_1 = panjang udara tertutup mula-mula (cm)
l_2 = panjang udara tertutup setelah pipa dihubun kan (cm)
B = tekanan udara tertutup mula-mula (cmHg)
Δh = selisih tinggi permukaan raksa di kedua kaki (cm)

Contoh Soal 16.9

Soal

Mula-mula kedudukan permukaan raksa pada sebuah manometer raksa tertutup sama tinggi pada kedua kakinya. Panjang udara pada kaki tertutup 15 cm, barometer 76 cmHg. Setelah dihubungkan dengan gas tertutup, permukaan raksa pada kaki tertutup menjadi 10 cm lebih tinggi daripada kaki terbuka. Berapakah tekanan gas tertutup yang diukur?

Pembahasan

Diketahui: l_1 = 15 cm
B = 76 cmHg
Δh = 10 cm

Ditanya: P gas tertutup = ...?

Jawab:
$$P = \left(\frac{l_1}{l_2} \times B + \Delta h\right)\ cmHg$$
$$= \left(\frac{15}{15-5} \times 76 + 10\right) cmHg = 124\ cmHg$$

Jadi, tekanan gas tertutup adalah 124 cmHg.

c. Manometer logam

Manometer raksa hanya digunakan untuk mengukur tekanan gas yang besarnya sekitar 1 atm. Untuk mengukur tekanan gas sangat tinggi, seperti gas dalam tangki uap, gas dalam tabung gas, dan gas dalam ban digunakan manometer logam atau manometer aneroid.

Ada beberapa macam manometer logam, di antaranya manometer Schaffer dan Budenberg, manometer Bourdon, dan manometer pegas (untuk mengukur tekanan ban mobil).

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.e-smartschool.com
http://id.wikipedia.org/wiki

Gambar 16.20 Macam-macam Manometer Logam
Sumber Gambar: www.indumart.com

Berikut ini adalah peralatan yang prinsip kerjanya berdasarkan hukum Boyle.

a. pompa tekan

b. pompa isap

c. alat suntik

d. pipet

Gambar 16.21 Alat-alat yang Bekerja Menggunakan Prinsip Hukum Boyle
Sumber Gambar: www.leeandstephen.com, www.ustomautomotive.org,www.btinternet.com, http://hjs.geol.uib.no

Tugas Proyek

Perhatikan pompa air tangan (dragon). Catat bagian-bagiannya dan fungsi bagian-bagian tersebut. Bagaimana skema pompa air itu dan cara kerjanya?

Kilasan IPA

Tekanan Udara dalam Ban

Sumber Gambar: http://www.goodyear-indonesia.com

Penting sekali untuk memeriksa tekanan udara ban sekurang-kurangnya dalam sebulan dengan menggunakan alat pengukur yang akurat. Pemeriksaan sebaiknya dilakukan dalam kondisi dingin dan sudah beberapa jam tidak dijalankan. Itu dikarenakan tekanan udara dalam ban akan meningkat dan pengukuran tidak akurat lagi jika mobil jalan satu kilometer saja. Kelebihan atau kekurangan tekanan udara akan menyebabkan keausan ban yang abnormal, panas yang berlebihan, dan pemborosan BBM. Jika tekanan udara terus berkurang, itu bertanda ada yang tidak beres pada ban atau velg. Segera, bawa mobilmu ke bengkel.

Gambar 16.22 Ban
Sumber Gambar.
Dokumentasi Penerbit

Uji Latih Diri 16.3

1. Mengapa tutup tangki bensin, tutup cerek, dan tutup teko dilengkapi dengan lubang kecil?
2. Pada liburan sekolah yang lalu, Dian berkunjung ke rumah pamannya. Jika tekanan udara di rumah pamannya 72 cmHg, berapakah tinggi tempat rumah pamannya berada jika dihitung dari permukaan air laut?
3. Berapa besar tekanan gas yang harus diberikan agar volume gas dalam suatu tabung yang semula 0,75 m^3 menjadi 0,40 m^3? (Diketahui tekanan gas mula-mula 8 atm.)

Rangkuman

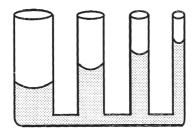
Tekanan adalah gaya yang bekerja pada setiap satuan bidang luas. Jika zat cair di ruang tertutup diberi gaya tekan maka tekanannya akan diteruskan ke segala arah dengan sama rata (hukum Pascal). Zat cair akan mendapat gaya tekan ke atas sebesar berat zat cair yang didesak benda itu (hukum Archimedes).

Benda akan tenggelam jika massa jenis benda lebih besar daripada massa jenis zat cair. Akan tetapi, jika massa jenis benda sama dengan massa jenis zat cair maka benda akan melayang. Benda akan terapung jika massa jenis benda lebih kecil daripada massa jenis zat cair.

Udara memiliki tekanan karena udara memiliki berat. Tekanan udara makin ke atas, makin kecil. Hasil kali tekanan dengan volume gas di ruang tertutup adalah tetap dengan syarat suhu gas tidak berubah (hukum Boyle).

Evaluasi Diri 16

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Dalam Sistem Internasional, tekanan dinyatakan dalam satuan ....
   a. m/s
   b. N/m^3
   c. kg/m^3
   d. N/m^2
2. Gaya sebesar 260 N bekerja pada bidang kayu seluas 2 m^2. Besarnya tekanan yang dialami kayu adalah ....
   a. 82 Pa
   b. 130 Pa
   c. 450 Pa
   d. 520 Pa
3. Sebuah balok besi seberat 400 N diletakkan di atas meja. Jika luas penampang bidang tekannya 2,5 m^2, tekanannya adalah ....
   a. 100 N/m^2
   b. 600 N/m^2
   c. 160 N/m^2
   d. 80 N/m^2
4. Sebuah drum berisi penuh dengan bensin yang berat jenisnya $7{,}35 \times 10^3$ N/m^3. Besar tekanan hidrostatis pada dasar drum jika tinggi drum 100 cm adalah ....
   a. $7{,}35 \times 10^6$ N
   b. $7{,}35 \times 10^5$ N
   c. $7{,}35 \times 10^4$ N
   d. $7{,}35 \times 10^3$ N
5. "Tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan ke segala arah sama besar."
   Pernyataan tersebut adalah prinsip hukum ....
   a. Pascal
   b. Newton
   c. Archimedes
   d. Boyle
6. Berikut ini adalah alat-alat yang prinsip kerjanya berdasarkan hukum Pascal, *kecuali* ....
   a. kempa hidrolik
   b. alat pengangkat mobil
   c. pompa air
   d. dongkrak hidrolik
7. Hukum bejana berhubungan tidak berlaku jika ....
   a. bejana digoncang-goncangkan
   b. berisi zat cair yang sama
   c. semua permukaan bejana terbuka
   d. semua bejana memiliki luas penampang yang sama
8. Air yang berada pada bejana paling kiri memiliki kedudukan paling tinggi dibanding dengan yang lain sebab ....

a. kohesi sama dengan kohesi
b. adhesi lebih besar daripada kohesi
c. kohesi lebih besar daripada adhesi
d. adhesi lebih kecil daripada kohesi

9. "Sebuah benda yang dicelupkan dalam zat cair akan mendapat gaya tekan ke atas sebesar berat zat cair yang didesak oleh benda."
Pernyataan tersebut adalah prinsip hukum .....
a. Boyle
b. Pascal
c. bejana berhubungan
d. Archimedes

10. Sebuah balok kayu yang volumenya 8 m^3 berada dalam air ($\rho_a = 10^3$ kg/m^3). Volume balok yang muncul di atas permukaan air sebanyak $\frac{3}{4}$ bagian. Jika g = 9,8 m/s^2, gaya tekan ke atas yang dialami balok kayu adalah ....
a. $5,88 \times 10^4$ N
b. $1,96 \times 10^4$ N
c. $7,84 \times 10^3$ N
d. $5,88 \times 10^3$ N

11. Berikut ini adalah alat-alat yang prinsip kerjanya berdasarkan hukum Archimedes, *kecuali* ....
a. alat pengangkat mobil
b. hidrometer
c. jembatan ponton
d. balon udara

12. Tekanan udara terbesar berada di daerah ....
a. pegunungan
b. pantai
c. gunung
d. dataran rendah

13. Di bidang meteorologi, tekanan udara dinyatakan dalam satuan bar. Satu bar sama dengan ....
a. 10^6 N/m^2
b. 10^5 N/m^2
c. 10^4 N/m^2
d. 10^3 N/m^2

14. Di sebuah kota, barometer menunjukkan 68 cmHg. Ketinggian kota tersebut dari permukaan laut adalah ....
a. 1.440 m
b. 840 m
c. 800 m
d. 144 m

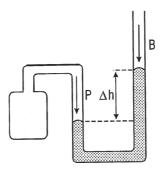
15. Sebuah ruang tertutup berisi 4 m^3 gas yang bertekanan 5×10^4 Pa. Jika volume gas diperbesar menjadi 10 m^3 maka tekanan gas sekarang adalah ....
a. 2×10^4 Pa
b. 4×10^4 Pa
c. 8×10^4 Pa
d. $12,5 \times 10^4$ Pa

16. Berikut ini adalah alat-alat yang prinsip kerjanya berdasarkan hukum Boyle, *kecuali* ....
a. pipet
b. pompa air
c. tempat minum ayam
d. hidrometer

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Sebuah kempa hidrolik mempunyai pengisap kecil yang luas penampangnya 12 cm^2. Dengan gaya sebesar 48 N, pada piston besar menghasilkan gaya sebesar 1.800 N. Berapakah luas penampang piston yang besar?

2. Sepotong kayu berbentuk kubus yang volumenya 500 cm^3, terapung dalam minyak yang massa jenisnya $0,8 \times 10^3$ kg/m^3. Jika massa jenis kayu tersebut $0,58 \times 10^3$ kg/m^3, berapa bagian volume kayu yang tenggelam dalam minyak?

3. Amati gambar berikut ini.

Sebuah manometer raksa terbuka dihubungkan dengan ruang tertutup yang berisi gas. Jika sikap barometer 76 cmHg, berapa tekanan gas dalam ruang tersebut?

4. Volume balon udara 2.000 m^3 dan berat kosongnya 10^4 N. Balon itu diisi gas helium yang diberi muatan 5.000 N. Jika massa jenis udara 1,3 kg/m^3, massa jenis gas helium 0,18 kg/m^3, serta g = 9,8 m/s^2, berapakah gaya angkat balon mula-mula?

5. Balon udara diisi gas helium (ρ = 0,00018 g/cm^3). Berat balon kosong 15.000 N. Berat alat-alat dan penumpang 5.000 N. Balon mempunyai gaya ke atas sebesar 2.400 N. Berapakah volume balon? (massa jenis udara = 0,0013 g/cm^3)

BAB XVII

Tujuan

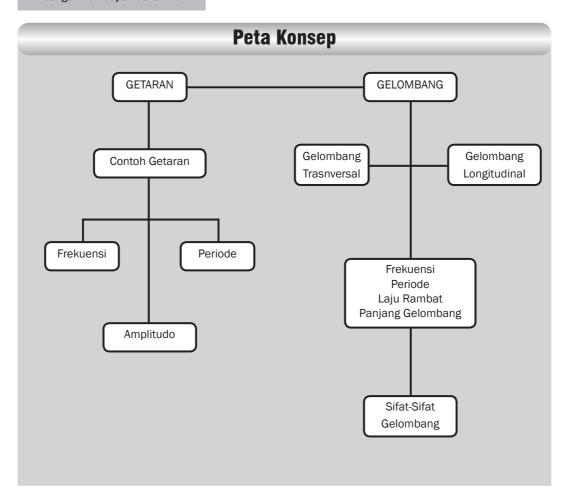
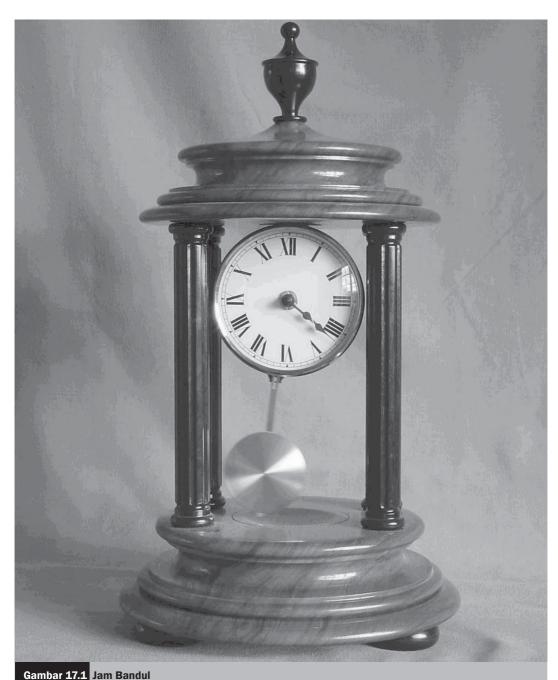
Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:
1. mengidentifikasi getaran pada kehidupan sehari-hari;
2. mengukur periode dan frekuensi suatu getaran;
3. menyelidiki karakterisik gelombang longitudinal dan gelombang transversal;
4. mendeskripsikan hubungan antara kecepatan rambat gelombang, frekuensi, dan panjang gelombang;
5. mengaitkan konsep gelombang dengan kehidupan sehari-hari.

GETARAN DAN GELOMBANG

Peta Konsep

GETARAN — GELOMBANG

- GETARAN
  - Contoh Getaran
    - Frekuensi
    - Periode
    - Amplitudo
- GELOMBANG
  - Gelombang Trasnversal
  - Gelombang Longitudinal
  - Frekuensi, Periode, Laju Rambat, Panjang Gelombang
    - Sifat-Sifat Gelombang

Gambar 17.1 **Jam Bandul**

Sumber Gambar: www.wonderful-woods.co.uk

Tahukah kamu, jam mekanik ada yang digerakkan oleh bandul? Bandul pada jam bergerak secara teratur dan terus-menerus. Simpangan bandul ketika bergerak ke kiri sama dengan simpangannya ketika bergerak ke kanan. Itu dikatakan bahwa bandul bergetar. Apakah getaran itu? Apakah dalam waktu yang sama bandul bergerak dengan jumlah yang sama?

A. Getaran

1. Definisi getaran

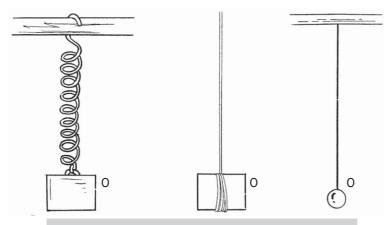
Kata-Kata Kunci
(Key Words)

amplitudo
cepat rambat gelombang
frekuensi
gelombang
gelombang elektromagnetik
gelombang longitudinal
gelombang mekanik
gelombang transversal
getaran
panjang gelombang
periode

Gerak dapat berulang dan tiap ulangan gerak dapat ditempuh dalam waktu yang sama. Gerak seperti ini biasanya disebut gerak periodik. Jika suatu benda dalam gerak periodik bergerak bolak-balik melalui lintasan yang sama maka disebut getaran.
Amati gambar berikut ini.

Gambar 17. 2 Gerak Bolak-balik

Pada saat digetarkan, ujung penggaris akan melalui lintasan *O – A – O – B – O* secara berulang-ulang. Gerakan suatu benda di sekitar titik keseimbangannya pada lintasan tetap disebut getaran. Benda dikatakan melakukan satu getaran jika bergerak bolak-balik satu kali penuh. Jadi, satu getaran adalah gerak dari *O – A – O – B – O* atau *A – O – B – O – A* atau *B – O – A – O – B*.

Benda yang diam dapat dikatakan berada pada titik keseimbangannya. Manakah titik keseimbangan untuk benda pada gambar 17.2 berikut?

Gambar 17.3 Benda-benda pada Titik Keseimbangannya

Jarak antara benda dengan titik keseimbangannya disebut simpangan. Simpangan terbesar suatu benda yang bergetar disebut amplitudo.

2. Frekuensi dan periode getaran

Misalkan dalam 5 sekon terjadi 20 getaran ujung penggaris plastik maka dapat dikatakan bahwa dalam 1 sekon terjadi 4 getaran ujung penggaris plastik. Jumlah getaran yang terjadi dalam satu sekon ini disebut *frekuensi getaran* yang dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$f = \frac{N}{t}$$

f = frekuensi (Hz)

N = jumlah getaran

t = waktu (s)

Dalam SI, satuan frekuensi dinyatakan dalam Hertz (Hz). Satuan yang lebih besar adalah kiloHertz (kHz), megaHertz (MHz), atau gigaHertz (GHz). Satuan yang lain adalah *cycle per second* (cps), 1 cps = 1 Hz.

Dalam tiap satuan waktu akan terjadi sejumlah getaran. Waktu yang dibutuhkan untuk membuat satu getaran ini disebut *periode*.

Hubungan antara periode dan frekuensi dapat ditulis sebagai berikut.

$$T = \frac{1}{f} \text{ detik} \quad \text{atau} \quad f = \frac{1}{T} \text{ Hz}$$

T = periode (s)

f = frekuensi (Hz)

Kilasan IPA

Getaran Ikan

Sumber gambar: http://www.fishyforum.com

Tahukah kamu, bagaimana ikan berkomunikasi? Ikan membangkitkan getaran suara dengan menggosok-gosokkan bagian badan tulang dan gigi secara bersamaan untuk berkomunikasi. Pada sebagian besar ikan, suara yang timbul diakibatkan oleh gelembung renang, yaitu gas berisi gelembung yang menyerupai organ. Dinding elastis gelembung renang dihubungkan ke otot yang dapat memanjang dan berkontraksi untuk meningkatkan dan menurunkan volume gelombang renang. Getaran ini menggetarkan air di sekitar ikan, merambat keluar sebagai gelombang suara yang dapat didengar sebagai dengkuran, siulan, atau suara drum. Itu semua tergantung pada penggunaan otot.

Refleksi Diri

Gelombang adalah rambatan getaran. Mungkinkah ada getaran yang tidak menghasilkan gelombang? Apakah ada gelombang yang tidak berasal dari getaran?

Contoh Soal 17.1

Soal

Benda bergerak dalam waktu 2 menit membuat 6.000 getaran. Berapa frekuensi dan periodenya?

Pembahasan

Diketahui:

t = 2 menit = 120 detik

$\Sigma getaran = N$ = 6.000 getaran

Ditanya: f dan T = ...?

Jawab:

$$f = \frac{N}{t}$$

$$= \frac{6.000}{120} = 50 Hz$$

$$T = \frac{1}{f}$$

$$= \frac{1}{50} = 0,02 \text{ detik}$$

Jadi, frekuensi getarannya 50 Hz dan periodenya 0,02 detik.

Tugas Proyek

Coba kamu data benda-benda yang menghasilkan getaran di dalam kehidupan sehari-hari (yang dapat diamati secara langsung) minimal empat macam. Kemudian, kamu buat dalam suatu bentuk kliping dan laporan.

3. Ayunan sederhana

Mari kita lakukan kegiatan berikut ini untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi frekuensi getaran pada ayunan sederhana.

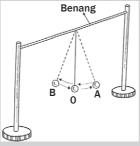
Kegiatan Ilmiah 17.1

Ayunan Sederhana

Tujuan Menyelidiki faktor yang memengaruhi frekuensi getaran pada ayunan sederhana.

Alat dan Bahan Dua buah statif lengkap dengan penjepitnya;
benang;
beban berkait (50 g dan 100 g);
stopwatch atau arloji.

Petunjuk Kerja

1. Pasang statif, kemudian ikatkan benang pada kedua ujung tiang statif tersebut. Amati berikut ini.

   Gantungkan sebuah beban m_1 = 50 g dengan benang. Panjang benang penggantung (*TO*) = 30 cm.
2. Beri simpangan pada beban kira-kira 5 cm (jarak *OA*). Kemudian, lepaskan sehingga beban berayun (bergetar). Berapa banyak getaran dalam waktu t = 10 detik? Catat hasil pengukuranmu ke dalam tabel.
3. Ulangi langkah kedua, tetapi ubah panjang benang pengikat (*TO*) menjadi 25 cm, 20 cm, dan 15 cm.
4. Ulangi langkah kedua dan ketiga, tetapi untuk beban m_2=100g. Catat hasil pengamatanmu ke dalam tabel.

Tabel 17.1 Hasil Pengamatan

No.	Massa Beban (*m*)	Panjang Benang (*TO*)	Jumlah Getaran (*N*)	Frekuensi (*f*)	Periode (*T*)
1.	50 g (m_1)	30 cm			
2.		25 cm			
3.		20 cm			
4.		15 cm			
5.	100 g (m_2)	30 cm			
6.		25 cm			
7.		20 cm			
8.		15 cm			

Bahan Diskusi

1. Adakah pengaruh panjang benang (*TO*) terhadap banyaknya getaran yang dibuat beban? Jika ada, apa pengaruhnya?
2. Adakah pengaruh besar massa beban (*m*) terhadap banyaknya getaran yang dibuat beban? Jika ada, apa pengaruh itu?
3. Bagaimana getaran yang dibuat beban setelah beberapa saat? Mengapa demikian?
4. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Besarnya frekuensi getaran bergantung pada panjang benang penggantung bandul. Menurut penyelidikan, frekuensi ayunan dinyatakan sebagai berikut.

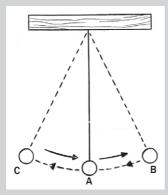
$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$$

π = 3,14
L = panjang tali (m)
g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Jelajah Internet

Mari kiat jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini. http://id.wikipedia.org/wiki/Getaran www.isekolah.org/file/h_1092464971.doc

Uji Latih Diri 17.1

1. Periode sebuah getaran adalah $\frac{1}{1.000}$ s, apa arti pernyataan tersebut?
2. Sebuah benda dalam waktu 10 detik bergetar sebanyak 2.250 kali. Berapakah
   a. frekuensi dan periodenya?
   b. jumlah getaran selama 1 jam?
3. Amati gambar ayunan beban berikut ini.

Jika gerak dari $B - A - C - A - B - A - C - A$ memerlukan waktu 0,28 detik, berapa frekuensi dan periodenya?

B. Gelombang

1. Pengertian gelombang

Tahukah kamu, mengapa bunyi senar gitar yang dipetik terdengar oleh telinga kita? Apakah senar gitar selama dipetik bergetar? Getaran berasal dari usikan (energi) yang menimbulkan gelombang. Jadi, gelombang adalah rambatan energi. Bagaimana gelombang dapat terjadi? Mari kita lakukan kegiatan berikut ini.

Kegiatan Ilmiah 17.2

Gelombang

Tujuan Menunjukkan gelombang.
Alat dan Bahan Ember berisi air; kapal-kapalan kecil dari kertas atau plastik.

Petunjuk Kerja

1. Letakkan ember berisi air di lantai. Apungkan kapal-kapalan di atas air, agak ke tepi ember.

2. Celupkan jari-jari tanganmu ke dalam air pada bagian lain tepi ember terhadap kapal-kapalan seperti terlihat pada gambar. Amati gerakan air dan kapal-kapalanmu.

Bahan Diskusi

1. Gerakan jari-jari merupakan sebuah usikan sehingga air bergetar. Bagaimana keadaan kapal-kapalan akibat getaran air pada daerah jari-jarimu?
2. Apa yang terjadi dengan getaran tanganmu sampai ke kapal-kapalan? Amati bentuk gerakan air dari jarimu sampai ke kapal. Gerakan permukaan air dari jarimu sampai ke kapal-kapalan adalah gelombang. Jadi, apa yang dimaksud dengan gelombang? Apakah air juga ikut berpindah dari jarimu ke kapal?
3. Pada kegiatan di atas, apakah air berpindah? Apa yang berpindah melalui air?
4. Apa yang dapat kamu simpulkan dari kegiatan tersebut?

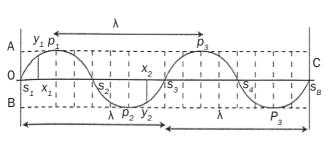
Gelombang adalah peristiwa perambatan energi dari satu tempat ke tempat lain. Rambatan bunyi merupakan rambatan gelombang. Dalam rambatan bunyi terjadi perpindahan energi dari satu tempat ke tempat lain. Medium yang digunakan untuk pemindahan energi bunyi ini adalah udara.

Apa saja medium gelombang dalam melakukan perpindahannya? Perpindahan energi dari suatu tempat ke tempat lain dengan rambatan gelombang tidak semuanya membutuhkan medium atau zat antara. Contohnya, energi matahari yang merambat sampai ke bumi dalam bentuk gelombang elektromagnetik.

2. Jenis-jenis gelombang

Berdasarkan arah getar dan arah rambatannya, gelombang dibedakan menjadi dua, yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal.

a. Gelombang transversal

Gelombang transversal, yaitu gelombang yang arah getarannya tegak lurus dengan arah rambatan gelombang. Gelombang transversal dapat digambarkan sebagai berikut.

Gambar 17. 4 Gelombang Transversal

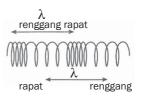
S_1, S_2, S_3, S_4 = simpul (titik keseimbangan gelombang)
λ = panjang gelombang
p = perut (titik terjauh gelombang terhadap titik seimbang)
$S_1 - P_1 - S_2$ = gunung gelombang
OA dan OB = arah getar
$S_2 - P_2 - S_3$ = lembah gelombang
OC = arah rambat

Berdasarkan gambar di atas, manakah yang disebut satu gelombang?

Jarak DP_1 atau EP_2 disebut amplitudo (A), sedangkan jarak lainnya yang lebih kecil (misalnya, x_1y_1 atau x_2y_2) disebut simpangan. Jika salah satu ujung tali diikatkan pada sebuah tiang dan ujung yang lain digerakkan naik turun, pada tali akan terjadi gelombang transversal. Pada gelombang ini terjadi bukit dan lembah. Jarak antar dua bukit dan dua lembah yang berurutan merupakan panjang gelombang (λ). Berdasarkan Gambar 17.3, manakah yang disebut panjang gelombang?

b. Gelombang longitudinal

Sebuah kawat spiral (slinki) yang didorong maju mundur akan menyebabkan terjadinya gelombang longitudinal. Gelombang longitudinal, yaitu gelombang yang arah getarannya sama dengan arah rambatan gelombang.

Contoh gelombang longitudinal adalah gelombang bunyi. Perambatan gelombang bunyi di udara tidak disertai dengan molekul-molekul udaranya. Pada gelombang longitudinal terjadi rapatan dan renggangan. Jarak antara dua rapatan atau dua renggangan yang berurutan disebut panjang satu gelombang (λ).

Gambar 17.5 Gelombang Longitudinal

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://id.wikipedia.org/wiki/Gelombang
http://organisasi.org/arti-definisi-pengertian-gelombang-dan-jenis-macam-gelombang-transversal-longitudinal

3. Hubungan antara frekuensi, panjang gelombang, dan laju rambat gelombang

Panjang satu gelombang (λ) adalah jarak yang ditempuh gelombang dalam satu periode. Misalnya, periode suatu gelombang adalah 0,1s. Itu artinya jika dalam 1 sekon gelombang menempuh jarak 10 m maka panjang gelombang tersebut adalah $\frac{10}{1} \times 0{,}1 = 1$ m

Besarnya jarak yang ditempuh gelombang dalam tiap satuan waktu disebut cepat rambat (laju) gelombang yang dirumuskan sebagai berikut.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

v = cepat rambat gelombang (m/s)
s = perpindahan (m)
t = waktu tempuh (s)

Hubungan antara frekuensi (f), panjang gelombang (λ), dan cepat rambat gelombang (v) dinyatakan dalam persamaan berikut ini.

$$v = \frac{\lambda}{T}$$ atau

$$v = f\lambda$$ dan $$T = \frac{1}{f}$$

v = kecepatan (m/s)
f = frekuensi (Hz)
λ = panjang gelombang (m)
T = periode(s)

Contoh Soal 17.2

Soal

Cepat rambat sebuah gelombang adalah 100 m/s. Jika panjang gelombang tersebut adalah 2 m, berapa frekuensi gelombang tersebut?

Pembahasan

Diketahui:

v = 100 m/s
λ = 2 m

Ditanya: f = ...?

Jawab: $f = \dfrac{v}{\lambda}$

$= \dfrac{100}{2} = 50Hz$

Jadi, frekuensi gelombang tersebut adalah 50 Hz.

4. Gelombang dapat memantul

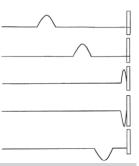
Coba kamu berteriak di depan sebuah dinding. Apa yang kamu dengar?

Tahukah kamu jika suaramu itu adalah gelombang longitudinal? Gelombang bunyi ini dapat dipantulkan jika menumbuk dinding penghalang.

Amati sebuah tali yang salah satu ujungnya ditambatkan pada tiang, sedangkan ujung yang lain digetarkan sekali. Bagaimana gelombang yang dipantulkan setelah sampai di tiang?

Sifat gelombang sebetulnya tidak hanya terbatas pada memantul saja, tetapi sifat gelombang yang lainnya, yaitu

a. dapat dipantulkan jika mengenai dinding penghalang;
b. dapat saling berpapasan tanpa saling mengganggu kelajuannya;
c. dapat berpadu atau berinterferensi;
d. dapat melentur jika melalui celah sempit;
e. dapat membias atau membelok jika panjang gelombangnya berubah.

Gambar 17.6 Pantulan Gelombang Bunyi

Gambar 17.7 Pantulan Gelombang Transversal

5. Gelombang dalam kehidupan sehari-hari

Sadarkah kamu bahwa banyak hal yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari merupakan gelombang, baik gelombang mekanik maupun gelombang elektromagnetik.

Berikut ini adalah contoh gelombang mekanik.

a. Gelombang bunyi
   Gelombang bunyi berguna bagi kehidupan manusia sehari-hari untuk berkomunikasi. Kamu berbicara dengan orang lain, suara televisi, radio, dan *tape recorder* adalah contoh gelombang bunyi.
b. Gelombang air laut
   Di air laut yang ditiup angin juga dapat terjadi gelombang.
   Gelombang mekanik memerlukan medium dalam perambatannya, tetapi gelombang elektromagnetik tidak memerlukan medium dalam perambatannya. Contoh gelombang elektromagnetik adalah sebagai berikut.
   1) Gelombang yang dimanfaatkan oleh stasiun radio dan televisi.

2) Gelombang cahaya matahari yang memancar dari matahari sampai ke bumi dalam berbagai panjang gelombang.
3) Gelombang sinar-*X*.

Tokohku

Gambar 17.8 Edwin Howard Armstrong
Sumber Gambar: www.eham.net

Edwin Howard Armstrong

Edwin Howard Armstrong lahir pada tanggal 18 Desember 1890 di New York City. Pada usia 14 tahun, dia bercita-cita ingin menjadi seorang penemu. Ketika remaja, ia menjadi tukang service alat-alat rumah tangga tanpa kabel (nirkabel). Setelah tamat SMA, dia masuk ke Universitas Columbia jurusan teknik. Selama tahun ketiga di Universitas Columbia, Armstrong memperkenalkan temuannya, yaitu penguat gelombang radio pertama (radio amplifier).

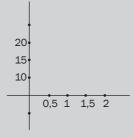
Tahun 1933, dia memperkenalkan sistem radio FM (*frequency modulation*) yang memberi penerimaan jernih meskipun ada badai dan menawarkan ketepatan suara yang tinggi. Tahun 1940, Armstrong mendapat ijin untuk mendirikan stasiun radio FM pertama yang didirikan di Alpine, New Jersey. Armstrong dikenal sebagai "Bapak penemu radio FM". Tahun 1954, Armstrong meninggal dunia.

Uji Latih Diri 17.2

1. Pada sebuah gelombang longitudinal yang diawali rapatan, berapa kali panjang gelombang (λ) antara jarak
   a. rapatan pertama dan rapatan kedua;
   b. rapatan pertama dan renggangan pertama;
   c. rapatan pertama dan renggangan kedua?
2. Frekuensi sebuah pemancar radio menyelenggarakan siarannya pada 100 kHz. Jika cepat rambat gelombang elektromagnetik adalah 3×10^8 m/s, berapa panjang gelombang pemancar radio tersebut?

Unjuk Usaha

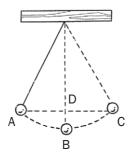
1. Siapkan kertas HVS, spidol warna hitam, merah, dan biru, penggaris, dan pensil.
2. Buat sumbu mendatar dan tegak dengan pensil. Kemudian, buat gambar gelombang transversal pada kertas HVS tersebut dengan periode yang sama, yaitu 2 sekon dan dengan amplitudo:
   a. 10 cm dengan warna hitam;
   b. 15 cm dengan warna merah;
   c. 20 cm dengan warna biru.

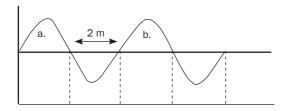
Rangkuman

Gerakan suatu benda secara bolak-balik terhadap titik keseimbangan secara teratur disebut getaran. Getaran merupakan bentuk energi. Makin besar amplitudo suatu getaran maka makin kuat getaran tersebut.

Rambatan suatu getaran disebut gelombang. Contohnya, gelombang mekanik dan gelombang elektromagnet. Banyaknya getaran atau gelombang tiap detik disebut frekuensi atau bilangan getar. Jarak yang ditempuh satu gelombang sempurna dinamakan panjang gelombang.

Evaluasi Diri 17

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Berikut ini yang paling tepat untuk menyatakan sebuah getaran ialah gerakan ....
   a. bolak-balik benda
   b. bolak-balik benda secara periodik di sekitar titik keseimbangannya
   c. periodik benda tanpa lintasan yang pasti
   d. benda dengan lintasan yang pasti
2. Pada gambar berikut yang dinamakan satu getaran adalah gerakan bandul menjalani lintasan yang melalui titik-titik ....

   a. A – B – C
   b. C – B – A
   c. B – C – B – A – B
   d. A – B – C – B – A – B – C – B– A
3. Frekuensi dinyatakan sebagai ....
   a. jumlah getaran tiap sekon
   b. waktu yang dibutuhkan untuk terjadi satu getaran
   c. simpangan terbesar benda yang bergetar
   d. kemampuan bergetar
4. Jika periode sebuah getaran adalah 0,002 s, artinya ....
   a. dalam satu sekon terjadi 0,002 getaran
   b. frekuensi getaran tersebut 500 Hz
   c. frekuensi getaran tersebut 5 kHz
   d. dalam satu sekon terjadi 2 getaran

5. Pernyataan tentang gelombang di bawah ini yang betul adalah ....
   a. salah satu bentuk energi
   b. getaran yang merambat
   c. getaran tunggal
   d. bentuk lain dari getaran
6. Gelombang yang arah rambat gelombangnya tegak lurus terhadap arah getarannya disebut gelombang ....
   a. transversal
   b. longitudinal
   c. elektromagnetik
   d. mekanik
7. Dalam rambatan gelombang mekanik, ...
   a. molekul-molekul zat antara akan ikut menjalar
   b. zat antara tidak ikut merambat
   c. gelombang dan molekul zat antara berjalan sejajar
   d. gelombang dan zat antara saling bersilangan
8. Gelombang berikut mempunyai panjang gelombang sebesar ....

   a. 2 m
   b. 4 m
   c. 6 m
   d. 8 m
9. Panjang gelombang sebuah stasiun pemancar radio adalah 400 m. Frekuensi pemancar tersebut adalah ....
   a. 0,75 MHz
   b. 0,6 MHz
   c. 0,25 MHz
   d. 0,15 MHz
10. Suatu gelombang transversal merambat pada seutas tali yang panjangnya 120 cm. Pada tali tersebut terbentuk 4 buah bukit dan 5 lembah. Panjang gelombangnya adalah ....
   a. 52,7 cm
   b. 48,6 cm
   c. 26,7 cm
   d. 24,3 cm

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Dapatkah kita mengindra getaran lonceng bel yang berbunyi? Jika dapat, bagaimana caranya?
2. Dalam 0,000001 sekon terjadi 10 getaran. Berapa frekuensi dan periode getaran tersebut?
3. Apa yang terjadi jika bandul pada jam dinding diperpanjang jaraknya terhadap pusat ayunannya?
4. Waktu yang diperlukan untuk terjadi 5 gelombang adalah 2 sekon. Gelombang tersebut merambat dengan kecepatan 200 m/s. Berapa panjang gelombang tersebut?

BAB XVIII

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

1. membedakan infrasonik, ultrasonik, dan audiosonik;
2. merencanakan percobaan untuk mengukur laju bunyi;
3. menunjukkan gejala resonansi dalam kehidupan sehari-hari;
4. menjelaskan bahwa energi dapat dipantulkan;
5. menerangkan efek Doppler dalam kehidupan sehari-hari.

BUNYI

Peta Konsep

BUNYI
- Pengertian Bunyi
- Infrasonik Audiosonik Ultrasonik
- Rambatan Bunyi
- Laju Bunyi
- Karakteristik Bunyi
  - Nada
  - Kuat Bunyi
  - Tinggi Bunyi
  - Hukum Mersenne
  - Resonansi Bunyi
    - Pengertian Resonansi
      - Resonansi Udara
      - Resonansi Selaput Tipis
      - Kerugian Akibat Resonansi
  - Perambatan Bunyi
  - Pemantulan Bunyi
    - Hukum Pemantulan Bunyi
      - Macam Bunyi Pantul
        - Pemanfaatan Pemantulan Bunyi

Gambar 18.1 **Alat Musik Gamelan**
Sumber Gambar: www.music.emory.edu

Ayo coba tebak, dari daerah manakah gamelan itu? Mengapa gamelan dapat berbunyi ketika dipukul? Mengapa semua alat pada seperangkat gamelan itu diberi rongga udara? Dapatkah kamu menjelaskan proses terdengarnya bunyi? Mari ikuti pembahasan pada bab ini.

A. Bunyi

1. Bunyi adalah getaran

Coba pegang tenggorokanmu dan bersuara. Apa yang kamu rasakan?

Bunyi dihasilkan oleh benda-benda yang bergetar. Misalnya, kecipak air kolam, desah angin di pepohonan, dan suara anjing menggonggong. Jadi, bunyi adalah getaran. Akan tetapi, tidak semua getaran dapat menghasilkan bunyi. Ada beberapa benda yang bergetar, namun bunyinya tidak dapat didengar. Jika jumlah getaran suatu benda tiap satuan waktu tidak memenuhi bilangan tertentu maka bunyi yang dihasilkan tidak dapat didengar.

Bunyi yang dapat didengar telinga manusia normal memiliki frekuensi antara 20 getaran tiap detik (hertz = Hz) sampai dengan 20.000 getaran tiap detik (hertz = Hz). Bunyi dalam daerah frekuensi ini disebut audiosonik.

Bunyi yang frekuensinya kurang dari 20 Hz tidak dapat didengar telinga manusia normal. Bunyi pada daerah frekuensi ini disebut infrasonik. Demikian juga bunyi dengan frekuensi di atas 20.000 Hz. Bunyi pada daerah frekuensi ini disebut ultrasonik.

Laju rambat bunyi di udara pada suhu kamar kurang lebih 340 m/s. Saat ini banyak pesawat terbang, terutama untuk jenis pesawat tempur yang dapat terbang dengan laju melebihi laju rambat bunyi di udara. Pernahkah kamu mendengar pesawat supersonik? Laju benda yang melebihi laju rambat bunyi disebut supersonik. Satuan supersonik adalah mach (1 mach = 1 × laju rambat bunyi).

Kata-Kata Kunci *(Key Words)*

audiosonik
bunyi
gaung
gema
infrasonik
laju rambat
medium
rambatan bunyi
resonansi
supersonik
ultrasonik

Kilasan IPA

Pesawat Supersonik

Pada awal abad ke-20, perjalanan dari Eropa ke Amerika memerlukan waktu 7 sampai 10 hari. Tahukah kamu, berapa lama waktu yang diperlukan untuk perjalanan tersebut pada akhir abad ke-20? Wah... hanya 4 jam jika menggunakan pesawat supersonik Concorde.
Concorde, pesawat penumpang supersonik satu-satunya di dunia yang mampu terbang dengan kecepatan dua kali kecepatan suara pada ketinggian 60.000 kaki (18 kaki).

Gambar 18.2 Pesawat Concorde
Sumber Gambar: http://www.sudirodesign.com

a. jangkrik

b. anjing

Gambar 18.3 Hewan-hewan Infrasonik
Sumber Gambar: http://www.macrokita.com; www.harmlemfur.com

Telinga manusia juga membutuhkan bunyi dengan kekuatan atau tingkat intensitas yang tepat agar enak didengar. Satuan tingkat intensitas bunyi adalah desibel (dB). Bunyi terpelan yang masih dapat didengar telinga manusia normal memiliki intensitas sekitar 1 dB. Bunyi yang intensitasnya 120 dB atau lebih bisa sangat menyakitkan telinga, bahkan dapat merusak telinga.

Banyak hewan yang dapat mendengar bunyi dengan frekuensi infrasonik atau ultrasonik. Jangkrik dan anjing dapat mendengar infrasonik. Ngengat, ikan paus, dan burung hantu dapat menangkap ultrasonik. Kelelawar dianggap memiliki radar alam karena mampu menghasilkan ultrasonik yang dipancarkan ke semua arah dan mampu juga menangkap pantulannya. Oleh karena itu, kelelawar dapat terhindar dari tumbukan dengan benda lain, walaupun terbang di malam hari yang sangat gelap. Lumba-lumba dapat berkomunikasi dengan lawan jenisnya dari jarak jauh dengan menggunakan ultrasonik.

a. ngengat

b. ikan paus

c. burung hantu

Gambar 18.4 Hewan-hewan Ultrasonik
Sumber Gambar: http://www.macrokita.com; www.imsigt_magazine.com; http://uplod.wilamedis

Dalam kehidupan sehari-hari, ultrasonik dimanfaatkan dalam berbagai bidang, yaitu

a. bidang kedokteran, dimanfaatkan untuk diagnosa dan pengobatan, untuk menghancurkan tumor atau batu ginjal, dan untuk mempelajari bagian-bagian tubuh yang tidak boleh terkena sinar *X*, misalnya janin dalam kandungan;
b. untuk membunuh bakteri dalam makanan yang akan diawetkan;
c. untuk membuat campuran logam agar rata;
d. alat kontrol jarak jauh (*remote control*).

2. Perambatan bunyi

Bunyi dapat merambat melalui bermacam-macam media, seperti benda padat, cair, dan gas. Getaran bunyi yang sampai ke telinga pada umumnya merambat melalui medium udara. Rambatan bunyi tersebut dalam bentuk gelombang longitudinal.

Gambar 18.5 Gelombang Longitudinal

Percobaan **Otto von Guericke** berikut ini memperlihatkan bahwa rambatan bunyi memerlukan udara. Sebuah bel listrik dimasukkan ke dalam penyungkup udara. Arus listrik dipasang sehingga bel listrik bekerja dan terdengar bunyi. Kemudian, udara dalam penyungkup diisap keluar dengan pompa isap udara. Ternyata, bunyi bel makin lemah dan akhirnya tidak terdengar sama sekali, meskipun bel listrik tetap bekerja. Jadi, untuk merambat, bunyi memerlukan media (zat antara). Berdasarkan percobaan **Otto von Guericke**, apakah bunyi dapat merambat di ruang hampa?

Gambar 18.6 Otto von Guericke
Sumber Gambar: http://leifi.physik.unl_muenchen

Gambar 18.7 Percobaan Otto von Guericke
Sumber Gambar: www.thebakken.org

Laju rambat bunyi di dalam zat padat lebih cepat dibandingkan dengan laju rambat bunyi di udara. Jika bunyi mengenai zat padat maka molekul-molekulnya akan bergetar. Pada saat semua molekul bergetar secara bersamaan, muncul suatu daerah bertekanan tinggi yang akan segera berpindah ke daerah bertekanan rendah. Demikian seterusnya sehingga bunyi merambat melalui zat tersebut. Karena letak molekul-molekul zat padat sangat berdekatan maka bunyi dapat berpindah lebih cepat dibandingkan pada zat cair atau gas.

Laju rambat bunyi di dalam zat cair tidak sebesar di dalam zat padat, tetapi lebih besar dibandingkan dengan laju rambat bunyi di dalam gas. Hal ini karena jarak antarmolekul zat cair lebih jauh dibandingkan dengan jarak antarmolekul zat padat, namun lebih dekat dibandingkan dengan jarak antarmolekul gas.

Syarat agar bunyi dapat didengar manusia, yaitu

a. frekuensinya antara 20 Hz – 20.000 Hz (daerah audiosonik);
b. kekuatannya 1 dB atau lebih;
c. ada zat antara berupa gas, zat cair, atau zat padat;
d. diterima oleh telinga orang normal dan dalam keadaan sadar.

3. Laju rambat bunyi

Apakah bunyi memerlukan waktu untuk perambatannya? Bunyi akan merambat melalui udara dengan kecepatan tertentu sehingga bunyi memerlukan waktu untuk dapat sampai ke pengamat.

Rambatan bunyi di udara adalah rambatan gelombang. Seperti halnya gelombang, bunyi juga merambat di udara dengan laju tertentu. Laju rambat bunyi adalah jarak yang ditempuh oleh bunyi tiap satuan waktu.

$$v = \frac{s}{t}$$

v = laju rambat bunyi (m/s)
s = jarak yang ditempuh (m)
t = waktu tempuh (s)

Contoh Soal 18.1

Soal

Ledakan petasan terdengar 4 sekon setelah terlihat percikan api. Berapa laju rambat bunyi di udara saat itu jika jarak antara petasan dengan pengamat 1,2 km? (laju rambat cahaya di udara diabaikan)

Pembahasan

Diketahui: rambatan bunyi petasan di udara

$t = 4$ s

$s = 1{,}2$ km = 1.200 m

Ditanya: $v = ...?$

Jawab:

$$v = \frac{s}{t}$$

$$= \frac{1.200\ m}{4\ s} = 300\ m/s$$

Jadi, laju rambat bunyi di udara saat itu adalah 300 m/s.

Laju rambat bunyi di udara berbeda-beda pada suhu yang berbeda-beda. *Moll* dan *Van Beek* menyelidiki laju bunyi di udara dengan cara berikut. Di atas dua bukit yang berjarak 17 km ditempatkan sebuah meriam. Percobaan dilakukan pada malam hari agar terlihat nyala api yang keluar dari mulut meriam sewaktu ditembakkan. Dengan mencatat selisih waktu antara nyala api yang terlihat dan bunyi yang terdengar, orang dapat menentukan waktu yang diperlukan bunyi untuk merambat dari satu bukit ke bukit yang lain.

Menurut pengamatan, selisih waktu itu 50 detik. Dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$v = \frac{s}{t} \text{ maka}$$

$$v = \frac{17.000\ m}{50\ s} = 340 \text{m/s}$$

Waktu yang digunakan cahaya untuk merambat dari satu bukit ke bukit lain dapat diabaikan karena laju cahaya jauh lebih besar daripada laju bunyi. Samakah laju bunyi di udara pada berbagai suhu? Berdasarkan penyelidikan, tiap kenaikan suhu 1°C, laju bunyi di udara bertambah 0,6 m/s. Jadi, laju bunyi terhadap suhu dapat dirumuskan sebagai berikut.

$v_t = v_0 + 0,6\ t$

v_t = laju pada t°C

v_0 = laju pada 0°C

Tabel 18.1 Cepat Rambat Bunyi pada 20°C

Zat	Kecepatan (m/s)
Gas karbon	267
Gabus	500
Alkohol	1.213
Hidrogen pada suhu 0°C	1.286
Timah pada suhu 20°C	1.230
Timah	1.190
Tembaga pada suhu 20°C	3.560
Besi pada suhu 20°C	5.130
Besi	5.120
Emas pada suhu 20°C	2.030
Kaca pada suhu 20°C	5.170
Karet yang diasapi pada suhu 0°C	54
Granit	6.000
Udara	344
Air	1.446
Air laut	1.550
Aluminium	5.000

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.jayaschool.org/ssc.php
www.ms.wikipedia.org

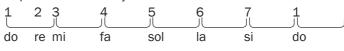
Uji Latih Diri 18.1

1. Bagian manakah yang bergetar pada alat berikut ini?
   a. gitar
   b. terompet
   c. piano
   d. siter
   e. bedug
   f. biola
   g. gambang
   h. gong
2. Penabuh gamelan sering memegang bagian-bagian yang telah dipukul ketika akan memukul bagian yang lain. Mengapa demikian?
3. Kecepatan bunyi di udara pada suatu saat adalah 347 m/s. Jika kecepatan bunyi pada 0°C adalah 332 m/s, berapa suhu udara saat itu?

B. Karakteristik Gelombang Bunyi

1. Nada

Dalam pelajaran seni suara, dikenal deret nada sebagai berikut. Dapatkah kamu menyuarakan nada tersebut.

1	2	3	4	5	6	7	1
do	re	mi	fa	sol	la	si	do

jarak nada

1 1 $\frac{1}{2}$ 1 1 1 $\frac{1}{2}$

Apa itu nada? Nada atau bunyi beraturan adalah bunyi yang mempunyai frekuensi tertentu. Jika frekuensi bunyi tersebut tidak teratur maka bunyi itu disebut desah. Deretan nada-nada dengan perbandingan frekuensinya dicantumkan sebagai berikut.

c	*d*	*e*	*f*	*g*	*a*	*b*	*c'*
24	27	30	32	36	40	45	48

Contoh Soal 18.2

Soal

Diketahui:
nada c : nada a = 24 : 40.
Jika dalam SI, frekuensi nada *a* = 440 Hz, berapa frekuensi nada *c*?

Pembahasan

Diketahui: $c : a = 24 : 40$
$a = 440$ Hz
Ditanya: $c = ...?$
Jawab: frekuensi nada *c*

$$c = \frac{24}{40} \times 440 = 264 \text{ Hz}$$

Jadi, frekuensi nada c adalah 264 Hz.

Interval adalah perbandingan antara frekuensi suatu nada dengan nada lain yang lebih rendah frekuensinya. Perbandingan antara nada-nada dengan nada *c* sebagai berikut.

c	*d*	*e*	*f*	*g*	*a*	*b*	*c'*
prime	sekonde	terts	kuart	kuint	sext	septime	oktaf

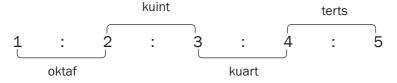
Contoh

terts $= \frac{30}{24} = \frac{5}{4}$ $\longrightarrow$ perbandingan nada *e* dengan *c*

kuint $= \frac{36}{24} = \frac{3}{2}$ $\longrightarrow$ perbandingan nada *g* dengan *c*

oktaf $= \frac{48}{24} = 2$ $\longrightarrow$ perbandingan nada *c'* dengan *c*

c' disebut 1 oktaf lebih tinggi dari *c*.

untuk mudahnya:

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.

http://free.vlsm.org

www.jayaschool.org

Uji Latih Diri 18.2

1. Nada *x* adalah terts nada *y*. Nada *y* adalah sext dari nada *z*. Jika frekuensi *z* = 1.200 Hz, berapakah frekuensi nada *x* dan *y*?
2. Pembagian suara manusia dalam musik, misalnya tenor, bariton, dan bass untuk suara pria. Apakah dasar pembagian itu? Bagaimana pembagian untuk suara wanita?

2. Kuat bunyi dan tinggi bunyi

Manakah bunyi yang kuat, orang berbisik atau orang berteriak? Mungkin kamu lebih mengenal kata "nyaring" dibandingkan dengan kata "kuat" dalam bunyi. Akan tetapi, biasakan menggunakan kata "kuat bunyi" dibandingkan dengan kata "nyaring bunyi". Apa yang memengaruhi kuat bunyi?

Kuat bunyi bergantung pada besarnya amplitudo. Jika makin besar amplitudo, bagaimana kuat bunyinya? Selain amplitudo, kuat bunyi tergantung pada jarak antara sumber bunyi dengan pendengar. Jika sumber bunyi makin jauh, bagaimana bunyi yang terdengar?

Refleksi Diri

Kilat dan Guntur
Sumber Gambar:
www.wildweather.com

Mengapa bunyi guntur terdengar tidak begitu keras jika rentang waktu antara terlihatnya kilat dengan terdengarnya bunyi agak lama? Coba kamu jelaskan.

Bisakah kamu membedakan antara kuat bunyi dengan tinggi bunyi? Dua suara atau bunyi yang sama kerasnya (nyaringnya) dapat memiliki tinggi yang berbeda. Kuat bunyi adalah tingkat nyaring tidaknya suatu bunyi, sedangkan tinggi bunyi adalah tinggi rendahnya bunyi yang keluar.

Agar lebih jelas, coba petik senar gitar yang paling besar. Lalu, dengan petikan yang kira-kira sama, petik senar gitar yang paling kecil. Kerasnya bunyi yang dikeluarkan kedua senar tersebut dapat dianggap sama. Akan tetapi, suara senar yang besar lebih rendah daripada suara senar yang kecil.

Tinggi rendah bunyi tergantung pada frekuensi getaran sumber bunyi. Makin besar frekuensi sumber bunyi, makin tinggi bunyi yang dapat didengar. Frekuensi yang besar sering disebut frekuensi tinggi.

Coba kamu dengarkan baik-baik suara paduan suara yang sedang bernyanyi. Apakah suara mereka terdengar sama? Alat-alat yang bergetar pada pita suara yang berbeda akan menyebabkan suara yang terdengar juga berbeda. Keadaan ini disebut dengan warna bunyi (timbre). Warna bunyi juga terjadi pada alat-alat musik. Nada do pada piano terdengar berbeda dengan nada do pada organ.

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.geocities.com
http://ms.wikipedia.ogg

Hukum Mersenne

Mengapa nada yang dihasilkan sebuah gitar berbeda-beda? Menurut hukum Mersenne, tinggi nada suatu senar atau tali gitar:

a. berbanding terbalik dengan panjang senar;
b. berbanding terbalik dengan akar luas penampang senar;
c. berbanding terbalik dengan akar massa jenis bahan senar;
d. berbanding lurus dengan akar tegangan senar.

C. Resonansi

Pernahkah kamu memerhatikan kaca jendela yang bergetar ketika ada suara petir, padahal kaca jendela yang lain tidak bergetar? Gejala ikut bergetarnya suatu benda karena getaran benda lain disebut resonansi.

Dalam kehidupan sehari-hari, resonansi memegang peranan sangat penting. Suara dawai gitar dan beruk (sejenis kera) terdengar keras karena adanya peristiwa resonansi.

Resonansi sebuah benda akan terjadi jika benda tersebut memiliki frekuensi sama dengan benda yang sedang bergetar. Misalnya, pada garpu tala.

Gambar 18.8 Garpu Tala
Sumber Gambar: www.indigo.com

1. Resonansi udara

Coba dengarkan bunyi garpu tala yang digetarkan di atas tabung udara? Jika getaran yang didengar lebih kuat, ini menunjukkan adanya resonansi dari udara di dalam tabung. Mari kita lakukan kegiatan berikut ini.

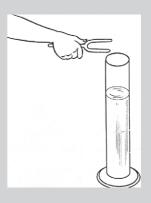
Kegiatan Ilmiah 18.1

Resonansi Udara

Tujuan Menunjukkan adanya resonansi udara di dalam tabung.

Alat dan Bahan Gelas ukur besar; air; garpu tala.

Petunjuk Kerja

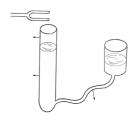
1. Isi gelas pengukur dengan air hingga tinggi kolom udara kira-kira 30 cm dari atas mulut gelas.
2. Getarkan garpu tala di atas gelas ukur. Dengarkan dengung garpu tala. Sambil menggetarkan garpu tala, isi gelas ukur dengan air sedikit demi sedikit. Cari kedudukan air dalam gelas ukur di mana dengung garpu tala terdengar paling keras (berarti udara dalam gelas ukur beresonansi dengan garpu tala). Ukur panjang udara dalam gelas ukur.
3. Ulangi beberapa kali sehingga terdengar dengung paling kuat lagi. Ukur panjang udara dalam gelas ukur.

Bahan Diskusi

1. Apakah dengung garpu tala yang kuat terjadi pada setiap tinggi udara dalam gelas ukur? Adakah syarat agar udara dalam gelas ukur dapat beresonansi?
2. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Dari hasil percobaan yang teliti diketahui bahwa resonansi terjadi jika tinggi kolom udara di dalam tabung merupakan kelipatan ganjil dari $\frac{1}{4}$ panjang gelombang.

Jadi, syarat agar terjadi resonansi I adalah panjang kolom udara $= \frac{1}{4}\lambda$;

syarat agar terjadi resonansi II adalah panjang kolom udara $= \frac{3}{4}\lambda$;

syarat agar terjadi resonansi III adalah panjang kolom udara $= 1\frac{1}{4}\lambda$; dan seterusnya.

Gambar 18.9
Resonansi

Contoh Soal 18.3

Soal

Resonansi pertama garpu tala terjadi pada ruang udara dalam tabung setinggi 20 cm. Jika cepat rambat bunyi di udara 340 m/s, berapakah frekuensi garpu tala?

Pembahasan

Diketahui: v = 340 m/s

Ditanya: $f_{\text{garpu tala}} = ...?$

Jawab:

$$\frac{1}{4}\lambda = 20 \text{ cm}$$
$$= 20 \times 4$$
$$= 80 \text{ cm} = 0{,}8 \text{ m}$$
$$f = \frac{v}{\lambda}$$
$$= \frac{340}{0{,}8} = 425 Hz$$

Jadi, frekuensi garpu tala adalah 425 Hz.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk manambah wawasan akan materi ini.
http://free.vlsm.org
www.fisikanet.lipi.go.id

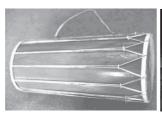
2. Resonansi selaput tipis

Bagian yang sangat penting pada telinga kita dalah gendang pendengaran. Bagaimana jika gendang pendengaran kita rusak? Selaput gendang sangat mudah beresonansi. Jika ada bunyi dari luar yang masuk lewat lubang telinga maka selaput gendang pendengaran akan bergetar. Dengan adanya getaran ini, terjadilah resonansi. Akibat resonansi, kita dapat mendengar bunyi-bunyi di sekitar kita. Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa syarat terjadinya resonansi adalah

a. frekuensinya sama;
b. ada selaput tipis;
c. ada ruang udara yang panjangnya sama dengan bilangan ganjil $\frac{1}{4}$ kali panjang gelombang.

3. Resonansi dapat memperkuat bunyi asli

Bunyi yang dihasilkan garpu tala sebenarnya tidak terlalu keras. Namun, ketika terjadi resonansi dengan kolom udara, suara garpu tala menjadi cukup nyaring terdengar.

Di sekitar selaput suara manusia terdapat udara. Ketika selaput suara bergetar, udara ini akan ikut bergetar. Getaran udara ini akan mengakibatkan suara manusia terdengar nyaring.

a. biola b. kendang c. harmonika

d. seruling e. gitar f. kentongan

Gambar 18.10 Alat-alat yang Bekerja Atas Prinsip Resonansi
Sumber Gambar: alek.zipzap.ch; www.williambhedrickviolins.com; www.hash.com; www.heartwoodflutes.com; www.spectorguitar.com; www.indonetwork.co.id

Tokohku

Robert Moog

Gambar 18.11 Robert Moog
Sumber Gambar: www.kapanlagi.com

Robert Moog lahir di New York, 1934. Pada masa kecilnya, dia diarahkan sang ayah untuk menggali dunia elektronik dengan mempelajari piano. Semasa remaja, Moog sudah tertarik dengan alat musik elektronik. Moog adalah penemu papan tuts yang secara elektronik dapat meniru beraneka ragam bunyi musik, termasuk terompet dan dawai. Alat ini dikenalkan kepada publik pada tahun 1964 dengan nama **synthesizers**. Pada usia 71 tahun, Moog meninggal dunia di Asheville.

4. Kerugian akibat resonansi

Tidak selamanya resonansi menguntungkan. Bunyi ledakan bom yang sangat keras dapat menimbulkan getaran yang dapat meruntuhkan gedung-gedung. Getaran kereta api yang lewat menyebabkan bagian-bagian rumah yang ada di pinggir rel ikut bergetar. Jika hal ini terjadi terus-menerus dan dalam waktu yang lama maka rumah akan cepat rusak.

Uji Latih Diri 18.3

1. Resonansi pertama tabung saat tinggi air dalam tabung 68 cm. Resonansi kedua terjadi saat tinggi air dalam tabung 33 cm. Jika frekuensi garpu tala yang diresonansikan 560 Hz, berapakah kecepatan bunyi di udara saat itu?
2. Pada waktu kita berada dalam gua (terowongan) beramai-ramai maka kita dilarang berteriak-teriak. Mengapa demikian? Selidiki, apakah makin tinggi suatu nada maka panjang tabung resonansinya makin pendek? Misalnya, pada gamelan, makin kecil bilah gamelannya, makin pendek tabung bambu resonansinya. Gunakan matematika sederhana.

Gambar 18.12 Pemantulan Bunyi

D. Pemantulan Bunyi

Jika kamu berteriak menghadap bukit berdinding terjal, apa yang kamu dengar?

Ketika kamu mendengar suara petir, mungkin kamu juga akan mendengar suara susulan yang merupakan gema suara aslinya. Suara susulan ini terjadi akibat adanya bunyi yang menumbuk dinding penumbuk, kemudian dipantulkan oleh dinding itu.

Tidak semua bunyi yang mengenai dinding pemantul akan dipantulkan. Ada sebagian bunyi tersebut yang diserap dinding pemantul. Kemampuan suatu permukaan dalam memantulkan bunyi tergantung pada keras lunaknya permukaan.

Gambar 18.13 Hukum Pemantulan Bunyi

1. Hukum pemantulan bunyi

Pemantulan bunyi mengikuti suatu aturan hukum pemantulan bunyi sebagai berikut. *"Bunyi datang, garis normal, dan bunyi pantul terletak dalam satu bidang datar. Sudut datang sama besar dengan sudut pantul".*

Sudut datang adalah sudut antara bunyi datang dengan garis normal. Sudut pantul adalah sudut antara bunyi pantul dengan garis normal. Garis normal adalah garis tegak lurus bidang pantul melalui titik jatuh bunyi datang.

Bunyi pantul dapat memperkuat bunyi asli jika jarak dinding pantul tidak jauh dari sumber bunyi. Misalnya, bunyi kereta api ketika masuk terowongan akan terdengar semakin kuat. Dari uraian itu dapat disimpulkan bahwa kuat bunyi yang didengar tergantung pada

a. amplitudo sumber bunyi;
b. jarak antara sumber bunyi dengan pendengar;
c. resonansi yang terjadi;
d. serta adanya dinding pemantul yang sesuai.

2. Macam-macam bunyi pantul

a. Bunyi pantul yang memperkuat bunyi asli

Suara gurumu di dalam kelas akan lebih keras dibandingkan dengan suara guru olah ragamu di lapangan. Itu dikarenakan suara di dalam ruangan akan dipantulkan oleh dinding-dinding ruangan.

b. Gaung atau kerdam

Bunyi pantul yang datangnya hanya sebagian yang bersamaan dengan bunyi asli sehingga bunyi asli menjadi tidak jelas disebut gaung atau kerdam.

Gaung atau kerdam dapat terjadi di gedung bioskop, gedung pertunjukan, gedung pertemuan, studio radio, dan lain-lain. Untuk menghindari terjadinya gaung, pada dinding gedung-gedung tersebut biasanya dilapisi bahan yang dapat meredam bunyi disebut bahan akustik. Misalnya, kain wol, kapas, karton, papan karton, gabus, dan karet busa.

c. Gema

Bunyi pantul dapat terdengar dengan jelas seperti bunyi aslinya karena antara bunyi pantul dengan bunyi asli tidak saling mengganggu. Hal ini dimungkinkan jika jarak antara dinding pemantul dengan sumber bunyi jauh. Karena jarak yang jauh, bunyi akan berjalan menempuh jarak yang jauh. Waktu yang digunakan untuk memantul juga lama. Ketika bunyi asli sudah selesai diucapkan, bunyi pantul mungkin masih di perjalanan. Akibatnya, bunyi pantul terdengar jelas setelah bunyi asli. Bunyi pantul yang terdengar jelas setelah bunyi asli disebut gema. Gema dapat terjadi di lereng-lereng gunung atau di lembah-lembah.

3. Manfaat bunyi pantul

a. Pengukuran jarak dengan gema

Dalam satu sekon biasanya dapat diucapkan lima suku kata. Berapa waktu yang diperlukan untuk mengucapkan satu suku kata? Untuk mendapatkan gema dari satu suku kata, bunyi pantul harus datang secepat-cepatnya setelah $\frac{1}{5}$ sekon, yaitu setelah suku kata tersebut selesai diucapkan. Dengan demikian, selama $\frac{1}{5}$ sekon bunyi telah menempuh jarak dua kali jarak antara sumber bunyi dan dinding pemantul. Jadi, untuk 1 suku kata, jarak dinding pemantul adalah

Gambar 18.14 Pengukuran Jarak dengan Gema

$$d = \frac{v \times \frac{1}{5}}{2}$$

$$= \frac{1}{10}v$$

Untuk n suku kata, jarak dinding pemantul adalah

$$d = \frac{1}{10}nv$$

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://id.wikipedia.org/wiki/Gema
www.geocities.com

Waktu terdengar gema, artinya bunyi telah menempuh jarak tersebut pergi-pulang. Jika jarak *d* dan waktu yang dibutuhkan *t* maka kecepatan bunyinya adalah

$$v = \frac{2\,d}{t}$$

atau

$$d = \frac{v\,t}{2}$$

Contoh Soal 18.4

Soal

Dalam suatu pertandingan sepak bola, bunyi gema teriakan gol terdengar 2 detik setelah penonton bersorak. Jika cepat rambat bunyi pada saat itu adalah 320 m/s, berapa jarak antara penonton dengan dinding pemantul?

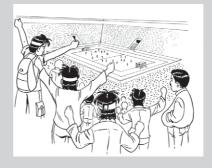
Pembahasan

Diketahui: gema
v = 320 m/s
t = 2 s

Ditanya: x = ...?

Jawab:

$$x = \frac{v \times t}{2}$$

$$= \frac{320\ {}^{m}\!/\!_{s} \times 2\ s}{2} = 320\ m$$

Jadi, jarak antara penonton dengan dinding pemantul adalah 320 m.

b. Pengukuran kedalaman laut dengan pemantulan bunyi

Bagaimana mengukur kedalaman laut? Sebuah sumber getar yang disebut osilator dipasang pada dinding kapal bagian bawah. Di dekat osilator dipasang hidrofon, yaitu alat yang dapat menangkap getaran.

Untuk mengukur kedalaman laut, osilator digetarkan. Getaran ultrasonik yang dihasilkannya diarahkan ke dasar laut. Oleh dasar laut, getaran ini dipantulkan dan diterima hidrofon. Sebuah alat pencatat akan mencatat selang waktu antara getaran dikirim dan getaran pantul yang diterima. Jika cepat rambat bunyi di air laut diketahui maka kedalaman laut dapat dihitung.

Contoh Soal 18.5

Soal

Pantulan dari getaran yang dipancarkan osilator diterima setelah menempuh waktu $\frac{1}{4}$ sekon. Berapa kedalaman laut di tempat itu jika cepat rambat bunyi di air laut adalah 1.400 m/s?

Pembahasan

Diketahui: $t = \frac{1}{4}$ s

v = 1.400 m/s

Ditanya: d = ...?

Jawab:

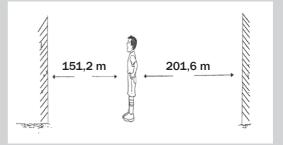
$$v = \frac{2d}{t}$$

$$d = \frac{v \times t}{2}$$

$$= \frac{1.400\ ^{m}/_{s} \times \frac{1}{4}\ s}{2} = 175\ m$$

Jadi, kedalaman laut di tempat itu adalah 175 m.

Uji Latih Diri 18.4

1. Gema terdengar 1,8 detik setelah bunyi asli. Kecepatan bunyi di udara 340 m/s. Berapa jarak dinding pemantul?
2. Bardi berdiri di antara dua tembok tebal sambil berteriak. Kecepatan bunyi di udara 336 m/s. Berapa beda waktu terdengarnya gema oleh tembok-tembok itu?

Tugas Proyek

Coba kamu data alat-alat musik yang pernah kamu lihat. Kemudian, kelompokkan berdasarkan cara membunyikan alat-alat musik tersebut.
Alat musik apa saja yang memiliki kolom udara dan tidak mempunyai kolom udara?

Rangkuman

Bunyi adalah hasil suatu getaran. Turut bergetarnya suatu benda akibat getaran benda lain dinamakan resonansi. Bunyi merambat di udara dalam bentuk gelombang longitudinal. Bunyi berdasarkan tingkat frekuensinya dibagi menjadi infrasonik, audiosonik, dan ultarasonik.

Frekuensi bunyi yang dihasilkan oleh sebuah senar dinyatakan dengan hukum Mersenne. Bunyi yang frekuensinya tetap atau berubah secara teratur disebut nada.

Bunyi dapat dipantulkan. Bunyi pantul yang terdengar setelah terdengarnya bunyi asli disebut gema. Bunyi pantul yang sebagian terdengar bersamaaan dengan bunyi asli disebut gaung atau kerdam.

Evaluasi Diri 18

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Bunyi yang tidak teratur frekuensinya disebut ....
   a. kerdam
   b. getar
   c. nada
   d. desah
2. Gelombang bunyi di udara merambat berupa gelombang ....
   a. renggangan
   b. rapatan
   c. bukit dan lembah gelombang
   d. rapatan dan renggangan
3. Amplitudo akan menentukan ....
   a. cepat rambat bunyi
   b. kuat bunyi
   c. frekuensi
   d. tinggi rendah nada
4. Cepat rambat bunyi di udara 300 m/s. Bunyi guntur terdengar 2 sekon setelah terlihat kilat maka jarak guntur dengan pengamat ....
   a. 150 m
   b. 75 m
   c. 1.200 m
   d. 600 m

5. Audiosonik adalah bunyi yang frekuensinya ....
   a. di bawah 20 Hz
   b. 20 Hz – 20.000 Hz
   c. 20.000 Hz sampai tak terbatas
   d. di bawah 20.000 Hz
6. Binatang di bawah ini yang dapat menangkap ultrasonik adalah ....
   a. jangkrik
   b. ikan paus
   c. kelelawar
   d. hiu
7. Tinggi rendahnya nada tergantung pada ....
   a. amplitudo
   b. cepat rambat bunyi
   c. zat antara
   d. frekuensi
8. Resonansi terjadi karena ....
   a. frekuensi yang sama
   b. periode yang sama
   c. panjang gelombang yang sama
   d. cepat rambat yang sama
9. Resonansi udara pertama akan terjadi jika panjang kolom udara ....
   a. sama dengan panjang gelombang sumber getar
   b. $\frac{1}{2}$ panjang gelombang sumber getar
   c. 2 kali panjang gelombang sumber getar
   d. $\frac{1}{4}$ panjang gelombang sumber getar
10. Resonansi udara terjadi pada tinggi kolom udara 20 cm. Jika frekuensi garpu tala yang dipakai dalam percobaan adalah 400 Hz maka cepat rambat bunyi di udara pada saat itu adalah ....
    a. 480 m/s
    b. 400 m/s
    c. 320 m/s
    d. 240 m/s
11. Bunyi katak terdengar nyaring karena ....
    a. dibantu air
    b. berbunyi di dalam lubang
    c. resonansi udara pada temboloknya
    d. sesuai dengan kuat bunyinya

12. Warna bunyi tergantung pada ....
    a. panjang gelombang
    b. kuat nada
    c. tinggi nada
    d. nada tambahan yang menyertainya
13. Sebuah bunyi memiliki panjang gelombang 2 m. Jika frekuensi bunyi tersebut –150 Hz maka laju rambat bunyi tersebut adalah ....
    a. 300 m/s
    b. 75 m/s
    c. 600 m/s
    d. $\frac{1}{75}$ m/s
14. Kedalaman laut di suatu tempat adalah 840 m. Laju rambat bunyi di air laut adalah 1.400 m/s. Getaran yang dikirimkan kapal ke dasar laut akan diterima pantulannya dalam waktu ....
    a. 1,4 s
    b. 1,2 s
    c. 0,44 s
    d. 0,3 s
15. Jika sebuah pesawat supersonik terbang dengan laju 4 Mach dan laju bunyi di udara saat itu 350 m/s maka laju pesawat tersebut adalah ....
    a. 1.400 m/s
    b. 37,5 m/s
    c. $\frac{1}{37,5}$ m/s
    d. 5.600 m/s

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Bagaimana cara bunyi merambat di zat padat (ditinjau dari teori molekul)?
2. Jarak yang ditempuh bunyi dalam waktu 5 sekon adalah 1.750m. Berapakah laju bunyi tersebut?
3. Dalam penelitian kedalaman laut, frekuensi osilator diterima hidrofon setelah selang waktu 0,4 sekon. Jika laju rambat bunyi di air adalah 1.400 m/s, berapakah kedalaman laut?

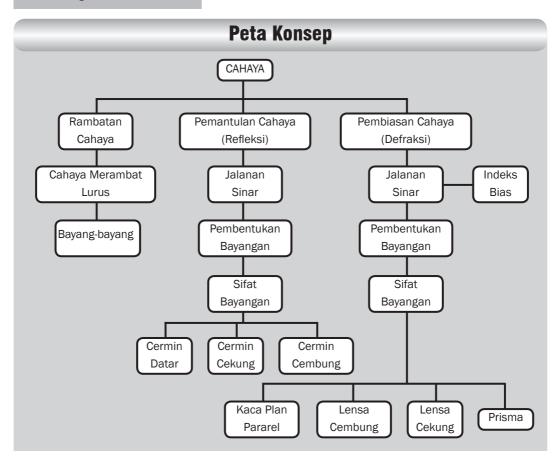
BAB XIX

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:
1. merancang dan melakukan percobaan untuk menunjukkan perambatan cahaya;
2. menjelaskan hukum pemantulan yang diperoleh melalui percobaan;
3. mendeskripsikan proses pembentukan dan sifat-sifat bayangan pada cermin datar, cermin cekung, dan cermin cembung;
4. menjelaskan hukum pembiasan yang diperoleh berdasarkan percobaan;
5. mendeskripsikan proses pembentukan dan sifat-sifat bayangan pada lensa cekung dan lensa cembung.

CAHAYA

Peta Konsep

- CAHAYA
  - Rambatan Cahaya
    - Cahaya Merambat Lurus
      - Bayang-bayang
  - Pemantulan Cahaya (Refleksi)
    - Jalanan Sinar
      - Pembentukan Bayangan
        - Sifat Bayangan
          - Cermin Datar
          - Cermin Cekung
          - Cermin Cembung
  - Pembiasan Cahaya (Defraksi)
    - Jalanan Sinar — Indeks Bias
      - Pembentukan Bayangan
        - Sifat Bayangan
          - Kaca Plan Pararel
          - Lensa Cembung
          - Lensa Cekung
          - Prisma

Gambar 19.1 **Suasana Daerah Rekreasi**
Sumber Gambar: www.londonbyclick.com

Wah... sungguh indah taman tersebut. Rekreasi di taman memang mengasyikkan, apalagi bersama dengan keluarga. Ada pepohonan, air yang gemericik, dan suara-suara satwa yang membuat kita kerasan di tempat itu. Semua itu adalah anugrah Tuhan buat kita. Mengapa kita dapat melihat keindahan di tempat rekreasi itu? Apakah kita bisa melihat pada saat hari telah gelap?

A. Rambatan Cahaya

Cahaya merupakan salah satu jenis gelombang elektromagnetik, yaitu gelombang yang terjadi dari gejala kelistrikan dan kemagnetan. Cahaya dapat dihasilkan oleh bermacam-macam benda. Benda-benda yang dapat memancarkan cahaya sendiri disebut sumber cahaya. Contohnya, matahari dan nyala lilin.

Benda-benda yang tidak dapat memancarkan cahaya disebut benda gelap. Benda gelap dikelompokkan menjadi tiga macam.

1. Benda tidak tembus cahaya, yaitu benda yang tidak dapat meneruskan sinar yang diterimanya, misalnya kayu, tembok, kursi, dan meja.
2. Benda tembus cahaya, yaitu benda yang dapat meneruskan sebagian sinar yang diterimanya, misalnya plastik, kaca, air, dan lensa.
3. Benda bening, yaitu benda yang dapat meneruskan hampir seluruh sinar yang diterimanya, misalnya kaca bening, plastik bening, dan air jernih.

Cahaya mempunyai sifat-sifat, yaitu

1. merupakan gelombang elektromagnetik sehingga dapat merambat di ruang hampa;
2. dapat dipantulkan, dibiaskan, berpolarisasi, dan melentur;
3. merupakan salah satu bentuk energi.

Bagaimana arah rambat cahaya? lakukan kegiatan berikut ini.

Kata-Kata Kunci
(Key Words)

bayangan
bayang-bayang
benda bening
benda gelap
cahaya
cermin
deviasi
dioptri
fokus
kekuatan lensa
lensa
prisma
sinar
spektrum
sudut deviasi

a. matahari

b. lilin

Gambar 19.2 Sumber Cahaya
Sumber Gambar: Dokumentasi grasindo

Kegiatan Ilmiah 19.1

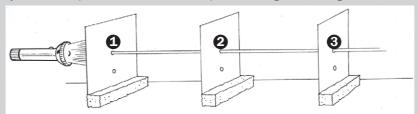
Perambatan Cahaya

Tujuan Mengamati arah perambatan cahaya.

Alat dan Bahan Kertas karton berukuran 20 cm × 20 cm sebanyak 3 lembar, pisau *cutter*; lampu senter; penggaris; gabus; lem.

Petunjuk Kerja

1. Lubangi tiga kertas karton pada perpotongan diagonalnya dan 5 cm di bawahnya.
2. Rekatkan kertas karton itu pada gabus dengan lem sehingga karton dapat diletakkan dalam posisi berdiri.
3. Letakkan ketiga kertas karton dengan posisi satu garis.

4. Nyalakan lampu senter dan arahkan pada lubang kertas bagian atas.

5. Minta bantuan temanmu untuk mengamati arah rambat cahaya lampu senter itu.
6. Ulangi percobaanmu dengan mengarahkan lampu senter pada lubang kertas 1 bagian bawah.

Bahan Diskusi

1. Lubang manakah pada kertas nomor 2 dan 3 yang dapat meneruskan cahaya lampu senter ketika kamu mengarahkan cahayanya ke lubang kertas nomor 1 bagian atas? Mengapa demikian?
2. Lubang manakah pada kertas nomor 2 dan 3 yang dapat meneruskan cahaya lampu senter ketika kamu mengarahkan cahayanya ke lubang kertas nomor 1 bagian bawah? Mengapa demikian?
3. Apa yang dapat kamu simpulkan dari kegiatan tersebut?

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.e-dukasi.net
www.id.wikipedia.org/wiki/Cahaya

Cahaya senter yang diarahkan melalui lubang bagian atas ternyata hanya dapat diamati melalui lubang bagian atas juga, yaitu pada karton nomor 2 dan 3. Demikian juga cahaya senter yang diarahkan melalui lubang bagian bawah hanya dapat diamati melalui lubang bagian bawah, yaitu karton 2 dan 3. Posisi lubang pada karton 1, 2, dan 3 satu garis sehingga dapat dikatakan bahwa cahaya merambat lurus.

Sinar yang dipancarkan sumber cahaya merupakan berkas (kumpulan) cahaya yang dapat digolongkan menjadi

1. berkas cahaya sejajar, misalnya berkas cahaya lampu senter;
2. berkas cahaya mengumpul (konvergen), misalnya berkas cahaya yang difokuskan oleh cermin cekung;
3. berkas cahaya menyebar (divergen), misalnya berkas cahaya lampu neon, pijar, dan tempel.

Gambar 19.3 Berkas Cahaya

Untuk mempermudah penggambaran cahaya dalam pembahasan selanjutnya, berkas cahaya digambarkan sebagai garis berarah. Arah anak panah menunjukkan arah cahaya.

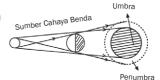
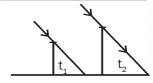
Beberapa bukti bahwa cahaya merambat lurus, yaitu

1. terjadinya bayang-bayang di belakang benda tidak tembus cahaya. Jika sumber cahaya berbentuk sebuah titik maka hanya terjadi bayang-bayang gelap (inti). Akan tetapi, jika sumber cahaya adalah sebuah benda maka di samping bayang-bayang inti (umbra) terjadi juga bayang-bayang tambahan (penumbra).

Besar atau panjang bayang-bayang suatu benda sebanding dengan besar atau tinggi bendanya.

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{t_1}{t_2}$$

h_1 = tinggi benda I
h_2 = tinggi benda II
t_1 = panjang bayang-bayang I
t_2 = panjang bayang-bayang II

2. terjadinya gerhana matahari maupun gerhana bulan. Gerhana, yaitu terhalangnya sinar matahari oleh bulan atau bumi sehingga daerah yang seharusnya terang menjadi gelap.

Gambar 19.4 Terbentuknya Umbra dan Penumbra

Gambar 19.5 Perbandingan Tinggi benda dan Panjang Bayangannya

Uji Latih Diri 19.1

Ada berapa macamkah berkas sinar? Gambarkan diagram berkas-berkas sinar tersebut.

B. Pemantulan Cahaya

Kita dapat melihat benda-benda di sekitar kita karena benda tersebut mendapat cahaya. Kemudian, memantulkannya ke mata kita. Bagaimana proses pemantulan cahaya dapat terjadi sehingga kita dapat melihat benda?

Sinar yang dipantulkan permukaan benda mengikuti suatu aturan yang disebut hukum pemantulan. Hukum pemantulan cahaya berbunyi

1. sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terletak pada satu bidang datar;
2. sudut datang cahaya (*i*) sama dengan sudut pantulnya (*r*).

Gambar 19.6 Hukum Pemantulan Cahaya

i **= ∠ABN = sudut datang**
AB **= sinar datang**
r **= ∠NBC = sudut pantul**
BC **= sinar pantul**
BN **= garis normal**
DBE **= bidang pantul**

Ada dua macam pemantulan cahaya yang terjadi pada benda tidak tembus cahaya, yaitu

1. pemantulan beraturan (reguler);
   Pemantulan beraturan terjadi pada benda yang permukaannya rata, seperti pada cermin datar. Berkas cahaya sejajar yang datang menuju cermin datar dipantulkan secara sejajar.
2. pemantulan baur (*diffuse*).
   Pemantulan baur terjadi pada benda yang permukaannya tidak rata. Berkas cahaya sejajar yang mengenai permukaan tidak teratur akan dipantulkan baur. Coba kamu perhatikan ruang di bawah meja kelasmu. Apakah pemantulan baur menyebabkan ruang di bawah meja terlihat lebih terang?

Gambar 19.7 Pemantulan Beraturan

Gambar 19.8 Pemantulan Baur

Pemantulan beraturan menyebabkan penglihatan mata silau, sedangkan pemantulan baur membuat penglihatan menjadi nyaman.

Sebuah benda yang terletak di depan cermin akan membentuk bayangan. Cermin adalah benda gelap yang dapat memantulkan seluruh berkas cahaya yang jatuh pada permukaannya.

sd = sinar datang
S_o = jarak benda ke cermin
sp = sinar pantul
S_i = jarak bayangan ke cermin

Gambar 19.9 Pembentukan Bayangan pada Cermin Datar

1. Pemantulan cahaya pada cermin datar

Cermin yang dipakai untuk berhias termasuk cermin datar, yaitu cermin yang permukaan pantulnya merupakan bidang datar. Bagaimana prinsip terbentuknya bayangan pada cermin datar? Bagaimana sifat-sifat bayangan yang terjadi pada cermin datar?

Proses pembentukan bayangan pada cermin datar menggunakan hukum pemantulan cahaya. Untuk mempermudah pembentukan bayangannya, diambil sinar-sinar yang datang dari kedua ujung benda.

Bayangan yang terjadi pada cermin datar memiliki sifat, yaitu

a. maya atau semu karena bayangannya tidak dapat ditangkap layar;
b. jarak benda sama dengan jarak bayangan;
c. tinggi benda sama dengan tinggi bayangan;
d. posisi bayangan berlawanan dengan posisi benda

Perbesaran bayangan pada cermin datar dirumuskan sebagai berikut.

$$M = \frac{h_i}{h_o}$$

Karena tinggi benda (h_o) sama dengan tinggi bayangan (h_i) maka perbesaran bayangan yang terjadi adalah satu kali.

Ada dua macam bayangan, yaitu bayangan nyata dan bayangan semu.

a. Bayangan nyata (sejati, *riil*) adalah bayangan yang dapat ditangkap layar. Hal ini terjadi jika sinar-sinar pantul langsung berpotongan, misalnya gambar pada layar gedung bioskop. Bayangan nyata dapat dilihat jika menggunakan layar (penerima).
b. Bayangan semu (maya, *virtual*) adalah bayangan yang tidak dapat ditangkap layar. Hal ini terjadi jika sinar-sinar pantul tidak langsung berpotongan, tetapi berpotongan di perpanjangannya, misalnya bayangan kita pada cermin datar. Bayangan maya dapat langsung dilihat tanpa menggunakan layar.

Selain untuk bercermin, cermin datar dalam kehidupan sehari-hari dapat digunakan untuk bahan membuat periskop cermin datar.

Kilasan IPA

Bayang-bayang dan Bayangan?

Bayang-bayang (shadow**) terjadi karena cahaya merambat lurus mengenai benda tidak tembus cahaya. Jika pagi hari kita berdiri membelakangi matahari maka kita dapat melihat bayang-bayang kita sendiri. Panjang bayang-bayang sebanding dengan tinggi bendanya.**

Berbeda dengan bayang-bayang, bayangan (*image*) terbentuk karena sinar-sinar dipantulkan secara teratur oleh suatu permukaan. Warna dan bentuk bayangv an sama dengan warna dan bentuk benda. Akan tetapi, ukuran bayangan belum tentu sama dengan ukuran benda. Ayo, coba kamu tebak mana bayang-bayang dan mana bayangan?

Gambar 19.10 Bayang-bayang dan Bayangan
Sumber Gambar: www.scanedinavian.org; www.sandia.gov

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://free.vlsm.org
www.fisikanet.lipi.go.id

Cermin bersudut

Jika dua cermin datar diletakkan sedemikian sehingga membentuk sudut tertentu maka diperoleh cermin sudut. Jika sebuah benda diletakkan di depan cermin sudut maka bayangan dibentuk oleh cermin I. Bayangan ini merupakan benda untuk cermin II. Bayangan dari cermin II merupakan benda untuk cermin I dan seterusnya sehingga akan terbentuk banyak bayangan. Banyaknya bayangan yang terbentuk dirumuskan sebagai berikut.

$$n = \frac{360}{a} - 1$$

n = banyaknya bayangan yang terjadi

a = sudut antara dua cermin

Contoh Soal 19.1

Soal

Jika dua buah cermin datar diletakkan sedemikian sehingga membentuk sudut 60°, berapa banyak bayangan yang terjadi jika sebuah benda diletakkan di antara kedua cermin tersebut?

Pembahasan

Diketahui: $a = 60^{\circ}$

Ditanya: banyak bayangan yang terjadi (n) = ...?

Jawab:

$$n = \frac{360}{a} - 1$$

$$= \frac{360}{60} - 1$$

$$= 6 - 1$$

$$= 5$$

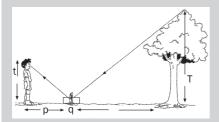
Jadi, banyaknya bayangan yang terjadi adalah 5 buah.

Refleksi Diri

Mengukur Tinggi Pohon

Kamu dapat mengukur tinggi sebuah benda, misalnya pohon dengan menggunakan cermin datar. Langkah-langkahnya sebagai berikut.

1. Letakkan cermin datar di tanah, antara kakimu dengan pohon.
2. Coba kamu berdiri melihat bayangan puncak pohon. Ukur jarakmu ke cermin (p) dan jarak cermin ke pangkal pohon (q).
3. Ukur tinggimu (t) maka tinggi pohon (T) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$T : t = q : p$$

Bagaimana hasil yang kamu dapat?
Apa yang dapat kamu simpulkan?

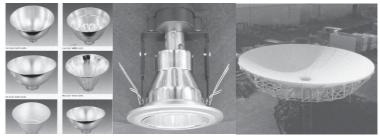
Uji Latih Diri 19.2

Pada dinding kamar tergantung sebuah cermin datar yang bagian bawahnya berjarak 80 cm dari lantai. Seorang anak dapat melihat bayangan sepatu yang dipakainya tepat pada bagian bawah cermin jika ia berdiri di depan cermin itu. Berapa tinggi anak itu?

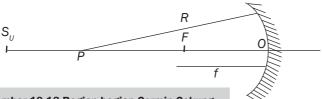
Gambar 19.11 Cahaya Lampu Mobil
Sumber Gambar: Dokumentasi Penerbit

2. Pemantulan cahaya pada cermin cekung

Pernahkah kamu mengamati cahaya yang keluar dari lampu mobil? Mengapa berkas cahaya yang keluar dari lampu mobil membentuk berkas cahaya yang sejajar?

Pada lampu mobil dan lampu senter terdapat reflektor berupa cermin cekung yang dapat memantulkan cahaya membentuk berkas cahaya sejajar. Selain itu, cermin cekung juga digunakan pada antena parabola (gelombang mikro) dan untuk perlengkapan tata rias atau perlengkapan salon kecantikan.

a. reflektor pada senter
b. reflektor pada lampu
c. antena parabola (gelombang mikro)

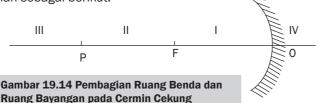
Gambar 19.12 Kegunaan Cermin Cekung
Sumber Gambar: img.ebigchina.com; sprg.ssl.berkeley.edu

Cermin cekung adalah cermin yang permukaan bidang pantulnya berbentuk cekung (melengkung ke dalam). Cermin cekung bersifat mengumpulkan cahaya sehingga disebut cermin konvergen (positif).

Gambar 19.13 Bagian-bagian Cermin Cekung

P = pusat kelengkungan cermin
OP = jari-jari cermin (R)
O = pusat bidang cermin
F = titik api utama atau titik fokus utama cermin
SU = sumbu utama, yaitu garis yang menghubungkan pusat kelengkungan (P) dengan pusat bidang cermin (O)
OF = FP = jarak titik api utama cermin ($f = \frac{1}{2}R$)

Pembagian ruang benda dan ruang bayangan pada cermin cekung adalah sebagai berikut.

Gambar 19.14 Pembagian Ruang Benda dan Ruang Bayangan pada Cermin Cekung

Ruang $O - F$ = ruang I
Ruang $F - P$ = ruang II
Ruang $P - \infty$ = ruang III
Ruang $O - \infty$ = ruang IV (di dalam cermin)

Hubungan antara jarak benda, jarak bayangan, dan jarak fokus cermin cekung dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i} \quad \text{atau} \quad \frac{2}{R} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$$

f = jarak titik api (fokus) cermin S_o = jarak benda
R = jari-jari cermin S_i = jarak bayangan

Perbesaran bayangan pada cermin cekung dirumuskan seperti berikut ini.

$$M = \left|\frac{S_i}{S_o}\right| = \left|\frac{h_i}{h_o}\right|$$

M = perbesaran bayangan
h_o = tinggi benda
h_i = tinggi bayangan

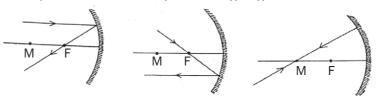
Catatan

Karena M merupakan bilangan positif maka diberi tanda harga mutlak dalam rumus.
Nilai f dan R selalu positif karena pusat kelengkungan berada di depan cermin.
Jika benda nyata, nilai S_o positif dan jika benda maya, nilai S_o negatif.
Jika bayangan nyata, nilai S_i positif dan jika bayangan maya, nilai S_i negatif.
Untuk melukis bayangan sebuah benda yang terjadi pada cermin cekung digunakan sinar-sinar istimewa seperti berikut ini.

1. sinar yang datang sejajar sumbu utama dipantulkan melalui titik fokus;
2. sinar yang datang melalui titik fokus dipantulkan sejajar sumbu utama;

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.e-dukasi.net
http://bebas.vlsm.org/v12/sponsor/Sponsor-Pendamping/Praweda/Fisika

3. sinar yang datang melalui titik pusat kelengkungan akan dipantulkan kembali ke pusat kelengkungan.

Gambar 19.15 Sinar-Sinar Istimewa pada Cermin Cekung

Contoh Soal 19.2

Soal

Panjang sebuah benda 3 cm dan terletak 30 cm di depan sebuah cermin cekung dengan jari-jari 120 cm. Bagaimana letak bayangan, panjang bayangan, sifat, dan kedudukannya?

Pembahasan

Diketahui: $R = 120$ cm

$f = 60$ cm

$S_o = 30$ cm

$h_o = 3$ cm

Ditanya: $S_i = ...?$

$h_i = ...?$

Sifat dan kedudukannya = ...?

Lukisan = ...?

Jawab:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$$

$$\frac{1}{S_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{S_o}$$

$$= \frac{1}{60} - \frac{1}{30} = -\frac{1}{60}$$

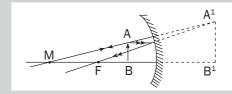
S_i = -60 cm

$$M = \left|\frac{S_i}{S_o}\right| = \left|\frac{h_i}{h_o}\right|$$

$$h_i = \frac{h_o \times S_i}{S_o}$$

$$= \frac{3 \times 60}{30} = 6$$

Sifat bayangan: maya, tegak, diperbesar.

Lukisan:

Uji Latih Diri 19.3

1. Sebuah cermin cekung berjari-jari 8 cm. Di depan cermin terletak sebuah benda setinggi 1 cm pada jarak 12 cm. Bagaimanakah letak, tinggi, dan sifat bayangan yang dibentuk cermin itu? Lukiskan jalannya sinar tersebut.
2. Untuk mencari jari-jari cermin cekung, di depan cermin diletakkan sebuah benda pada jarak 60 cm dari cermin. Bayangan dapat diterima layar yang terletak 120 cm dari cermin. Berapakah jari-jari cermin itu?

3. Pemantulan cahaya pada cermin cembung

Ayo, barang apa saja di rumahmu yang menggunakan kaca spion? Kaca spion terbuat dari cermin cembung. Apa yang dimaksud dengan cermin cembung? Mengapa cermin cembung digunakan sebagai kaca spion? Mari kita bahas berikut ini.

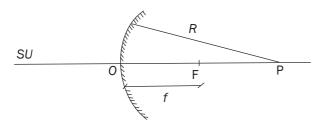
Cermin cembung adalah cermin yang permukaan bidang pantulnya

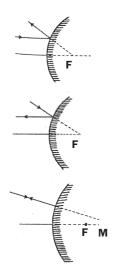
b. kaca di supermarket

a. spion pada mobil

Gambar 19.16 Penggunaan Cermin Cembung
Sumber Gambar: john1701a.com; web.ics.purdue.edu

berbentuk cembung (melengkung keluar). Cermin cembung bersifat menyebarkan sinar sehingga disebut juga cermin divergen (negatif). Bayangan yang dibentuk cermin cembung selalu maya dan diperkecil. Oleh karena itu, cermin cembung dimanfaatkan sebagai kaca spion agar kendaraan dan benda-benda di belakang mobil atau sepeda motor dapat terlihat.

Berikut ini adalah bagian-bagian cermin cembung.

Gambar 19.17 Bagian-bagian Cermin Cembung

P = pusat kelengkungan cermin
OP = jari-jari cermin (R)
O = pusat bidang cermin
F = titik api atau fokus cermin
SU = sumbu utama, yaitu garis yang menghubungkan pusat kelengkungan cermin (P) dengan pusat bidang cermin (O)

Gambar 19.18 Sinar-sinar Istimewa pada Cermin Cembung

Ada tiga sinar istimewa pada cermin cembung yang dapat digunakan untuk melukiskan pembentukan bayangan.

1. Sinar datang sejajar sumbu utama dipantulkan seakan-akan berasal dari titik fokus.
2. Sinar yang datang menuju titik fokus dipantulkan sejajar sumbu utama.
3. Sinar yang datang menuju titik pusat kelengkungan, seakan-akan dipantulkan dari titik pusat kelengkungan cermin.

Hubungan antara jarak benda, jarak bayangan, dan jarak fokus cermin cembung dirumuskan sebagai berikut.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$$

atau

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$$

f = jarak titik api (fokus) cermin
R = jari-jari cermin
S_o = jarak benda
S_i = jarak bayangan

Perbesaran bayangan pada cermin cembung dirumuskan sebagai berikut.

$$M = \left|\frac{S_i}{S_o}\right| = \left|\frac{h_i}{h_o}\right|$$

M = perbesaran bayangan
h_o = tinggi benda
h_i = tinggi bayangan

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.duniabelajar.com
www.e-dukasi.net

Catatan

Nilai f dan R selalu negatif karena pusat kelengkungan berada di belakang cermin.
Dalam perhitungan, untuk benda nyata nilai S_i selalu negatif. Itu artinya bayangannya selalu semu/maya.

Contoh Soal 19.3

Soal

Sebuah benda terletak 30 cm di depan sebuah cermin cembung yang berjari-jari 40 cm. Bagaimanakah letak, sifat, dan kedudukan bayangan? Lukiskan pembentukan bayangan tersebut?

Pembahasan

Diketahui: $R = -40$ cm

$f = -20$ cm

$S_o = 30$ cm

Ditanya: S_i, sifat bayangan, dan lukisan = ...?

Jawab:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$$

$$\frac{1}{S_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{S_o}$$

$$= -\frac{1}{20} - \frac{1}{30}$$

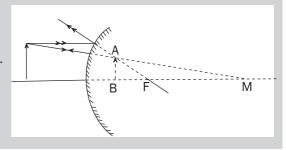
$$= -\frac{5}{60} = -\frac{1}{12}$$

$S_i = -12$ cm

$$M = \left|\frac{S_i}{S_o}\right|$$

$$= \frac{12}{30} = \frac{2}{5} \; kali$$

Sifat bayangannya maya, tegak, diperkecil.

Lukisan:

Uji Latih Diri 19.4

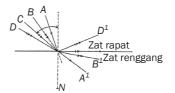
Bayangan maya yang dibentuk sebuah cermin cembung terletak 6,4 cm terhadap benda (bukan terhadap cermin). Jika jari-jari cermin 12 cm, bagaimanakah letak benda terhadap cermin? Kemudian, lukiskan.

C. Pemantulan Sempurna

Pernahkah kamu melihat berlian? Mengapa berlian tampak berkilauan jika terkena cahaya?

Peristiwa di samping berkaitan erat dengan pemantulan sempurna. Pemantulan sempurna terjadi jika

1. sinar datang dari medium rapat ke medium kurang rapat;
2. sudut datang lebih besar dibandingkan dengan sudut batas.

Gambar 19.19 Peristiwa Pemantulan Sempurna dalam Kehidupan Sehari-hari
Sumber Gambar: www.carrara.jp

$\angle CON$ = sudut batas
= sudut datang yang menghasilkan sudut bias sebesar 90º

Gambar 19.20 Pemantulan Sempurna

D. Pembiasan Cahaya

Amati gambar-gambar berikut ini.

a. sendok dalam air

b. kelereng dalam air

c. sendok dalam mangkok

d. pensil dalam air

Gambar 19.21 Peristiwa-peristiwa Pembiasan Cahaya
Sumber Gambar: rene.balderacchi.club.fr; www.cap.ca; hyperphysics.phy-astr.gsu.edu

Gambar di atas adalah contoh peristiwa pembiasan cahaya (refraksi). Pembiasan cahaya adalah peristiwa membeloknya cahaya karena melalui dua medium yang berbeda kerapatannya. Perbedaan kerapatan zat optik menyebabkan perbedaan kecepatan cahaya pada zat optik tersebut. Medium atau zat optik adalah zat yang dapat dilalui cahaya.

Sendok kelihatan patah atau bengkok karena sinar matahari dari ujung pensil yang keluar ke udara mengalami pembelokan arah. Akibatnya, ujung sendok yang dilihat tidak pada tempat aslinya sehingga sendok kelihatan patah atau bengkok.

Untuk mengukur besarnya pembelokan arah cahaya jika sinar berpindah dari satu media ke media lain digunakan indeks bias (angka bias = penunjuk bias). Indeks bias mutlak suatu zat adalah perbandingan kecepatan cahaya di ruang hampa dengan kecepatan cahaya dalam zat itu.

$$n_z = \frac{c}{c_n}$$

n_z = indeks bias mutlak zat itu
c = kecepatan cahaya dalam hampa (3×10^8 m/s)

c_n = kecepatan cahaya dalam zat itu
Karena yang dilihat sehari-hari sinar berpindah dari satu media ke media lain maka indeks bias adalah perbandingan kecepatan cahaya dalam zat-zat itu. Misalkan, cahaya berpindah dari zat *A* ke zat *B* maka indeks biasnya dirumuskan sebagai berikut.

$$n_{A\text{-}B} = \frac{C_A}{C_B}$$

$$n_{A \longrightarrow B} = C_A \times \frac{1}{C_B}$$

$$= \frac{C_A}{C} \times \frac{C}{C_B}$$

$$= \frac{1}{n_A} \times n_B$$

$$= \frac{n_B}{n_A}$$

Indeks bias suatu medium dapat ditentukan jika kecepatan cahaya pada masing-masing medium diketahui.

$$n_{A-B} = \frac{n_B}{n_A} = \frac{c_A}{c_B}$$

c_A = cepat rambat cahaya di medium *A*
c_B = cepat rambat cahaya di medium *B*
Karena cahaya adalah salah satu jenis gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi dan panjang gelombang maka rumus gelombang juga berlaku pada cahaya.

$$v = \lambda \times f$$

v = cepat rambat gelombang

$$n_{A\text{-}B} = \frac{C_A}{C_B} = \frac{\lambda_A \times f}{\lambda_B \times f} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B}$$

Jadi, indeks bias cahaya dari zat A ke zat B adalah

$$n_{A\text{-}B} = \frac{n_B}{n_A} = \frac{c_A}{c_B} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B}.$$

Contoh Soal 19.4

Soal

Kecepatan cahaya dalam air = 2,25 $\times 10^8$ m/s, sedangkan dalam kaca = 1,5 $\times$ 10^8 m/s. Berapa indeks bias kaca dan indeks bias cahaya dari air ke kaca?

Pembahasan

Diketahui: c_{air} = 2,25 $\times 10^8$ m/s

c_{kaca} = 1,5 $\times$ 10^8 m/s

Ditanya: n_{air}, n_{kaca}, $n_{air\text{-}kaca}$ = ...?

Jawab:

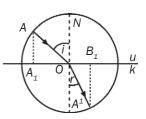
$$n_{air} = \frac{c}{c_{air}} = \frac{3 \times 10^8}{2,25 \times 10^8} = \frac{4}{3}$$

$$n_{kaca} = \frac{c}{c_{kaca}} = \frac{3 \times 10^8}{1,5 \times 10^8} = 2$$

$$n_{air\text{-}kaca} = \frac{n_{kaca}}{n_{air}} = \frac{2}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{2}$$

Jadi, indeks bias cahaya dari air ke kaca adalah $\frac{3}{2}$

Pembiasan cahaya diselidiki oleh **Willebrod Snellius** dan **Willebrod van Roijen** yang hasilnya dinyatakan dengan hukum Snellius sebagai berikut.

1. Sinar datang, sinar bias, dan garis normal terletak dalam satu bidang datar.
2. Perbandingan proyeksi antara sinar datang dan sinar bias yang sama panjangnya pada bidang batas antara dua zat bening selalu merupakan bilangan tetap. Perbandingan tetap ini disebut indeks bias antara kedua zat itu.

OA = sinar datang
$\angle AON = i$ = sudut datang
NN' = garis normal
$\angle BON' = r$ = sudut bias
OB = sinar bias

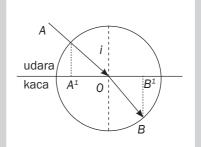
Gambar 19.22 Hukum Pembiasan Cahaya

Contoh Soal 19.5

Soal
Seberkas cahaya merambat dari udara menuju ke kaca seperti gambar berikut. Berapakah indeks bias kaca?

Pembahasan
Diketahui: OA' = 3 satuan
OB' = 2 satuan
Ditanya: n_{kaca} = ...?
Jawab:

$$n_{kaca} = \frac{OA'}{OB'}$$
$$= \frac{3}{2} = 1{,}5$$

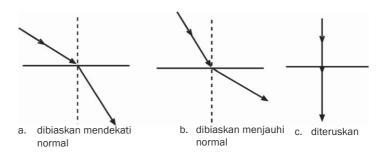
Jadi, indeks bias kaca adalah 1,5.

Zat optik atau medium yang memiliki indeks bias lebih besar dikatakan lebih rapat, sedangkan medium yang mempunyai indeks bias lebih kecil dikatakan lebih renggang atau kurang rapat. Ada tiga kemungkinan yang terjadi pada peristiwa pembiasan, yaitu

1. sinar datang dari zat optik kurang rapat ke zat optik lebih rapat dibiaskan mendekati garis normal;
2. sinar datang dari zat optik lebih rapat ke zat optik kurang rapat dibiaskan menjauhi garis normal;
3. sinar yang datang tegak lurus bidang batas akan diteruskan tanpa dibiaskan.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://id.wikipedia.org/wiki/Cahaya
www.fisikanet.lipi.go.id

Jelajah Internet

www.e-dukasi.net
http://ms.wikipedia.org/wiki/Kelajuan_cahaya

Gambar 19.23 Tiga Kemungkinan yang Terjadi pada Peristiwa Pembiasan Cahaya

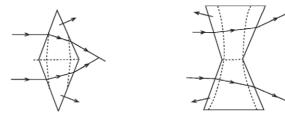
Uji Latih Diri 19.5

Diketahui indeks bias air $\frac{4}{3}$ dan indeks bias plastik $\frac{3}{2}$.
Berapa indeks bias cahaya dari air ke plastik? Berapa indeks bias sebaliknya?

1. Pembiasan cahaya pada lensa

Jika dua prisma optik dipasang setangkup dengan bagian bawahnya yang ditempelkan maka sinar yang datang pada salah satu arah akan dibiaskan mengumpul. Akan tetapi, jika bagian atasnya yang ditempelkan, sinar akan dibiaskan menyebar.

Jelajah Internet

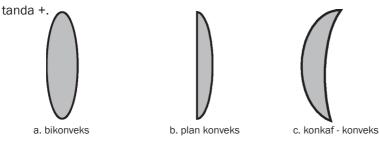
Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.e-dukasi.net
http://ms.wikipedia.org/wiki/kelajuan_cahaya

Gambar 19.24 Dua Prisma Digabung Menjadi Lensa

Jika permukaan sisi-sisinya dihaluskan maka kedua permukaan pasangan prisma itu menjadi bidang lengkung. Benda yang terjadi adalah lensa adalah benda bening yang dibatasi satu bidang lengkung atau dua bidang lengkung dan satu bidang datar. Adakah teman kelasmu yang memakai lensa?
Ada dua jenis lensa, yaitu lensa cembung dan lensa cekung.

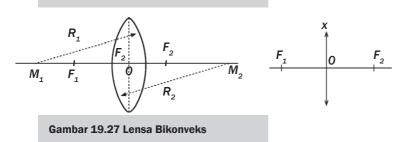
Gambar 19.25 Kacamata Menggunakan Lensa
Sumber Gambar: *hongchen.en.alibaba.com*

a. Pembiasan cahaya pada lensa cembung

Lensa cembung, yaitu lensa yang bagian tengahnya lebih tebal daripada bagian tepinya. Lensa cembung terdiri atas lensa bikonveks (cembung – cembung), lensa *plan* konveks (cembung – datar), dan lensa konkaf – konveks (cembung – cekung). Jarak fokus (f) dan jari-jari (R) lensa cembung selalu bernilai positif sehingga disebut juga lensa positif (konvergen).

Lensa cembung dapat dilukiskan dengan garis vertikal yang diberi tanda +.

Gambar 19.26 Jenis-Jenis Lensa Cembung

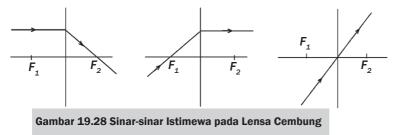
Gambar 19.27 Lensa Bikonveks

M_1 dan M_2 = titik pusat kelengkungan lensa
F_1 dan F_2 = titik api (fokus) lensa
R_1 dan R_2 = jari-jari kelengkungan
F_1O dan F_2O = f = jarak fokus lensa
Garis M_1M_2 = sumbu utama lensa
O = titik optik lensa

Catatan

Pada lensa biasanya titik M_1 dan M_2 tidak dicantumkan, hanya titik F_1 dan F_2 saja sebab tidak semua lensa cembung adalah bikonveks simetris.

Jika berkas sinar dijatuhkan pada lensa cembung maka akan dibiaskan mengumpul sehingga disebut juga lensa konvergen. Sinar-sinar istimewa pada lensa cembung adalah

1. sinar yang datang sejajar sumbu utama lensa akan dibiaskan melalui titik fokus;
2. sinar yang datang melalui titik fokus lensa akan dibiaskan sejajar sumbu utama;
3. sinar yang datang melalui titik optik lensa tidak dibiaskan melainkan diteruskan.

Gambar 19.28 Sinar-sinar Istimewa pada Lensa Cembung

Dengan sinar-sinar istimewa ini dapat dilukiskan pembentukan bayangan oleh lensa cembung.

Untuk mengetahui hubungan antara letak benda, jarak fokus lensa, dan letak bayangan, lakukan kegiatan berikut ini.

Kegiatan Ilmiah 19.2

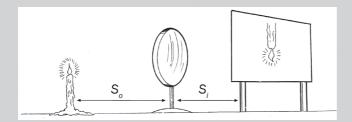
Pembiasan Cahaya pada Lensa Cembung

Tujuan Mengamati pembentukan bayangan pada lensa cembung; membuktikan hubungan antara jarak benda, jarak fokus lensa, dan jarak bayangan yang terbentuk.

Alat dan Bahan

Lensa cembung (sudah diketahui jarak fokusnya);
lilin; korek api; penggaris atau rel optik;
layar atau kertas karton putih.

Petunjuk Kerja

1. Pasang lensa cembung, layar, dan lilin di atas penggaris atau rel optik.

2. Nyalakan lilin. Kemudian, perhatikan bayangan nyala lilin pada layar Geser-geser layar sehingga terlihat bayangan nyala lilin yang paling tajam. Ukur jarak lilin ke lensa (S_o) dan jarak layar ke lensa (S_i). Isikan hasilnya ke dalam tabel.
3. Ulangi langkah kedua beberapa kali dengan jarak lilin ke lensa yang berbeda-beda. Isikan hasil percobaan itu dalam tabel.

Tabel 19.3 Hasil Pengamatan

No.	S_o	S_i	$\frac{1}{S_o}$	$\frac{1}{S_i}$	$\frac{1}{S_o}+\frac{1}{S_i}$
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

Catatan:

Nilai $\frac{1}{S_o}$, $\frac{1}{S_i}$, dan $\frac{1}{S_o}+\frac{1}{S_i}$ ditulis dalam bentuk desimal.

Bahan Diskusi

1. Apa yang terlihat pada layar? Bagaimana sifat-sifatnya?
2. Jika letak lilin ke lensa (S_o) lebih kecil dari jarak fokus lensa (f), apa yang terjadi pada layar? Bagaimana sifat-sifat bayangannya?
3. Bagaimana nilai $\frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$ pada semua percobaan itu?
4. Bagaimana nilai rata-rata $\frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$ dibandingkan dengan nilai $\frac{1}{f}$?
5. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan hasil percobaan di atas, jika pengukuranmu teliti maka nilai $\frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$ akan selalu sama dengan $\frac{1}{f}$. f adalah jarak fokus lensa.

$$\frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i} = \frac{1}{f}$$

S_o = jarak benda ke lensav

S_i = jarak bayangan ke lensa

f = jarak titik api (fokus) lensa

Perbandingan besar (tinggi) bayangan terhadap besar (tinggi) benda dirumuskan sebagai berikut.

$$M = \frac{h_i}{h_o} = \left|\frac{S_i}{S_o}\right|$$

M = perbesaran

h_o = tinggi (besar) benda

h_i = tinggi (besar) bayangan

Bayangan nyata terjadi jika sinar-sinar bias mengumpul (berpotongan langsung), letak bayangan berseberangan dengan bendanya terhadap lensa. Sebaliknya, bayangan maya (semu) terjadi jika sinar-sinar bias menyebar (berpotongan pada perpanjangannya), letak bayangan sepihak terhadap bendanya.

Contoh Soal 19.6

Soal

Benda diletakkan 60 cm di muka lensa cembung yang berjarak fokus 20 cm. Bagaimana letak, sifat, dan kedudukan bayangan? kap lukis bayangan tersebut.

Pembahasan

Diketahui: lensa, f = 20 cm; S_o = 60 cm

Ditanya: S_i, sifat bayangan, lukisan pembentukan bayangan = ...?

Jawab:

$$\frac{1}{S_o}+\frac{1}{S_i}=\frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{S_i}=\frac{1}{f}-\frac{1}{S_o}$$

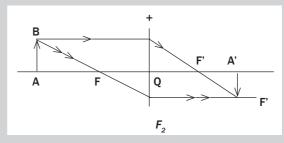
$$=\frac{1}{20}-\frac{1}{60}$$

$$=\frac{3-1}{60}$$

$$=\frac{2}{60}=\frac{1}{30}$$

S_i = 30 cm

$$M=\left|\frac{S_i}{S_o}\right|$$

$$=\frac{30}{60}=\frac{1}{2}\,kali$$

AB = benda nyata

$A'B'$ = bayangan, sifatnya nyata, terbalik, diperkecil

Uji Latih Diri 19.6

Diketahui sebuah lensa positif dengan jarak fokus 5 cm. Benda diletakkan di muka lensa sehingga terbentuk bayangan yang tingginya 1,25 kali tinggi bendanya. Di manakah letak benda terhadap lensa jika

1. bayangannya nyata;
2. bayangannya maya?

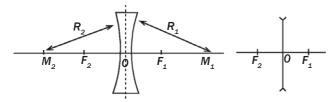
b. Pembiasan cahaya pada lensa cekung

Lensa cekung atau lensa negatif (divergen) adalah lensa yang bagian tengahnya lebih tipis daripada bagian pinggirnya. Lensa cekung terdiri dari bikonkaf (cekung – cekung), *plan* konkaf (cekung - datar), dan konveks – konkaf (cekung – cembung).

a. bikonkaf b. plan konkaf c. konveks-konkaf

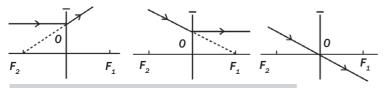
Gambar 19.32 Jenis-jenis Lensa Cekung

Bagian-bagian lensa cekung seperti lensa cembung, tetapi kedudukan titik fokusnya terbalik. Oleh karena itu, titik fokusnya adalah titik maya. Akibatnya, jarak fokus selalu diberi tanda negatif (-).

Gambar 19.33 Lensa Cekung

M_1 dan M_2 = titik pusat kelengkungan
F_1 dan F_2 = titik fokus
R_1 dan R_2 = jari-jari
F_1O dan F_2O = f = jarak fokus

Lensa cekung bersifat menyebarkan berkas cahaya yang datang sehingga disebut lensa divergen.

Sinar-sinar istimewa pada lensa cekung adalah sebagai berikut.

1) sinar yang datang sejajar sumbu utama dibiaskan seolah-olah berasal dari titik fokus;
2) sinar yang datang menuju titik fokus akan dibiaskan sejajar sumbu utama;
3) sinar yang datang melalui titik optik O tidak akan dibiaskan, tetapi diteruskan.

Gambar 19.34 Sinar-sinar Istimewa pada Lensa Cekung

Rumus-rumus pada lensa cembung berlaku juga pada lensa cekung, tetapi jarak fokusnya selalu negatif.

$$\frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i} = \frac{1}{f}$$

$$M = \frac{h_i}{h_o} = \left|\frac{S_i}{S_o}\right|$$

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.e-dukasi.net
www.geocities.com

Tokohku

Gambar 19.35 Christian Huygens
Sumber Gambar: www.answers.com

Christian Huygens

Christian Huygens adalah fisakawan Belanda yang lahir di Den Haag, Belanda, 14 April 1629. Pada usia 16 tahun, Huygens masuk ke universitas Leiden. Tahun 1655, ia menemukan cara mengasah lensa yang efektif. Huygens meninggal di Den Haag, 8 Juli 1695, usia 66 tahun.

Contoh Soal 19.7

Soal

Sebuah benda diletakkan 30 cm di muka sebuah lensa cekung. Jarak fokus lensa cekung itu adalah 20 cm. Bagaimana letak bayangan, sifat, dan gambar pembentukan bayangannya?

Pembahasan

Diketahui: lensa cekung, f = -20 cm

S_o = 30 cm

Ditanya: S_i, sifat bayangan, lukisan pembentukan bayangan = ...?

Jawab:

$$\frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{S_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{S_o}$$

$$= -\frac{1}{20} - \frac{1}{30}$$

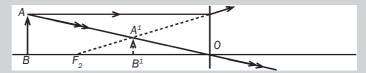
$$= -\frac{5}{60} = -\frac{1}{12}$$

S_i = -12 cm

$$M = \left|\frac{S_i}{S_o}\right|$$

$$= \frac{12}{30} = \frac{2}{5} \, kali$$

AB = benda nyata

$A'B'$ = bayangan, sifatnya maya, tegak, diperkecil

Catatan

Pada lensa cekung, bayangan yang terbentuk untuk benda nyata selalu maya, tegak, diperkecil.

Uji Latih Diri 19.7

Di depan lensa cekung terdapat benda pada jarak 30 cm sehingga terbentuk bayangan maya yang berjarak 12 cm terhadap lensa. Berapa jarak fokus lensa itu?

3. Kekuatan lensa

Kekuatan lensa adalah kemampuan lensa untuk mengumpulkan atau memancarkan cahaya. Kekuatan lensa berbanding terbalik dengan jarak fokusnya.

$$P = \frac{1}{f} \text{ (} f \text{ dalam m)}$$

atau

$$P = \frac{100}{f} \text{ (} f \text{ dalam cm)}$$

P = kekuatan lensa (dioptri)

f = jarak fokus

Untuk lensa cembung, P diberi tanda positif (+), sedangkan untuk lensa cekung diberi tanda negatif (-). Satuan dioptri sering tidak dicantumkan. Misalnya, kacamata +2 berarti kekuatan lensa itu 2 dioptri dan jenis lensanya adalah cembung.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website-website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
www.e-dukasi.net
www.dikmentidki.go.id/belajar/fisika/Lensa.swf

Contoh Soal 19.8

Soal

Lensa negatif berjarak fokus 50 cm. Berapa dioptri kekuatannya?

Pembahasan

Diketahui: lensa cekung, f = -50 cm = -0,5 m

Ditanya : P = ...?

Jawab:

$$P = \frac{1}{f}$$

$$= -\frac{1}{0,5} = -2$$

Jadi, kekuatan lensa itu adalah –2 dioptri.

Uji Latih Diri 19.8

1. Sebuah benda maya diletakkan 12 cm di muka lensa yang berkekuatan +25 dioptri. Bagaimana letak bayangan, perbesaran, dan sifatnya?
2. Lensa berkekuatan –10 dioptri membuat bayangan yang tingginya $\frac{1}{3}$ kali tinggi bendanya. Di manakah letak benda itu?

Tugas Proyek

Pelangi

Coba amati gambar pelangi di samping.

1. **Kapan terjadi pelangi?**
2. **Catat warna-warna pelangi.**
3. **Mungkinkah kamu melihat pelangi pada saat kamu menghadap ke matahari? Mengapa?**
4. **Bagaimana bentuk pelangi yang kamu lihat? Mengapa demikian?**

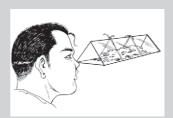
Pelangi
Sumber Gambar: www.victorialodging.com

Unjuk Usaha

Membuat Cermin Segitiga

1. Ambil tiga potongan cermin datar yang lebarnya ± 3 cm dan panjangnya ± 7,5 cm.
2. Pasang ketiga potongan cermin itu dengan permukaan bening menghadap ke dalam sehingga terbentuk prisma segitiga.
3. Tutup salah satu ujung prisma dengan kertas tik. Kemudian, masukkan potongan-potongan plastik berwarna ke dalamnya.

4. Sekarang, lihat ke dalam prisma melalui ujung prisma yang terbuka. Kamu akan melihat pola lukisan yang indah. Dengan menggerakkan prisma, bentuk pola akan berubah.

Rangkuman

Cahaya adalah salah satu gelombang elektromagnet. Oleh sebab itu, cahaya dapat merambat di ruang hampa. Rambatan cahaya tersebut lurus. Cahaya dapat dipantulkan dan dibiaskan. Pemantulan dan pembiasan cahaya dapat menghasilkan bayangan (*image*).

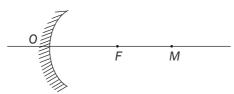
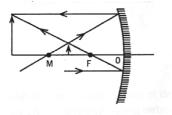
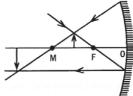
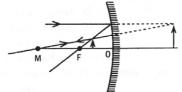
Cermin adalah benda yang salah satu permukaannya dapat memantulkan seluruh cahaya yang datang padanya. Ada tiga jenis cermin, yaitu cermin datar, cekung, dan cembung. Cermin cekung adalah cermin yang permukaan bidang pantulnya melengkung ke dalam (cekung). Cermin yang permukaan bidang pantulnya melengkung keluar (cembung) disebut cermin cembung.

Lensa adalah benda bening yang dibatasi oleh dua bidang lengkung atau satu bidang datar dan satu bidang lengkung. Ada dua jenis lensa, yaitu lensa cembung dan lensa cekung. Lensa cembung (positif), yaitu lensa yang bagian tengahnya tampak lebih tebal dibandingkan bagian pinggirnya. Lensa cekung (negatif), yaitu lensa yang bagian tengahnya lebih tipis dibandingkan bagian pinggirnya.

Evaluasi Diri 19

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Kita dapat melihat benda karena ....
   a. mata kita memancarkan cahaya
   b. ada sinar dari mata yang menangkap benda
   c. ada cahaya dari benda yang jatuh ke mata kita
   d. ada cahaya dari mata kita yang jatuh ke benda
2. Berikut ini adalah kelompok benda yang merupakan sumber cahaya adalah ....
   a. matahari, planet, lampu neon (TL)
   b. lampu neon (TL), bulan, bintang
   c. matahari, lampu neon (TL), kunang-kunang
   d. nyala lilin, bulan, batu
3. Berikut ini adalah sifat-sifat cahaya, *kecuali* ....
   a. dapat dipantulkan
   b. dapat dibiaskan
   c. dapat diuraikan warnanya
   d. dalam medium yang kerapatannya berbeda akan tetap merambat lurus
4. Sifat bayangan yang dibentuk cermin datar adalah ....
   a. nyata, tegak, sama besar
   b. maya, tegak, sama besar
   c. nyata, terbalik, sama besar
   d. maya, terbalik, lebih kecil

5. Perbesaran bayangan yang terjadi pada cermin datar ....
   a. selalu bernilai 1
   b. selalu bernilai 2
   c. kadang-kadang bernilai 1
   d. tidak pernah bernilai 1
6. Jumlah bayangan yang terbentuk oleh sebuah cermin bersudut adalah 11. Sudut buka cermin bersudut tersebut adalah ....
   a. 30° c. 45°
   b. 15° d. 60°
7. Jarak titik api utama cermin cekung pada gambar berikut ditunjukkan oleh jarak ....

   a. *MO* c. *MF* + *MO*
   b. *MF* d. *FO*
8. Sinar datang yang melalui titik api utama cermin cekung akan dipantulkan ....
   a. sejajar sumbu utama
   b. melalui pusat kelengkungan
   c. melalui pusat bidang cermin
   d. kembali melalui titik api utama
9. Bayangan benda yang dibentuk oleh cermin cekung yang berada di ruang I akan jatuh ....
   a. ruang IV c. ruang II
   b. ruang III d. *F*
10. Sifat bayangan yang terbentuk pada soal nomor 9 adalah ....
   a. maya, terbalik, diperkecil
   b. maya, terbalik, diperbesar
   c. nyata, tegak, diperbesar
   d. maya, tegak, diperbesar
11. Lukisan pembentukan bayangan dari benda di ruang II pada cermin cekung adalah ....

a.
c.
b.
d.

12. Sebuah benda terletak 10 cm di depan cermin cekung yang mempunyai jarak titik api utama 15 cm. Bayangan yang terbentuk bersifat ....
    a. nyata berjarak 30 cm
    b. maya berjarak 30 cm
    c. nyata berjarak 6 cm
    d. maya berjarak 6 cm
13. Pada soal nomor 12, perbesaran yang dialami bayangan adalah ....
    a. $\frac{1}{3}$ kali
    b. 0,6 kali
    c. 3 kali
    d. 6 kali
14. Berikut ini adalah contoh pemanfaatan cermin cekung, yaitu ....
    a. reflektor
    b. lup
    c. antena tv
    d. kaca spion
15. Bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung bersifat ....
    a. selalu nyata diperbesar
    b. selalu maya diperkecil
    c. kadang-kadang nyata, kadang-kadang maya, tergantung jarak benda
    d. selalu diperbesar
16. Benda berjarak 30 cm di depan cermin cembung yang mempunyai jarak titik api 10 cm. Bayangan yang terbentuk berjarak ....
    a. -1,5 cm
    b. -7,5 cm
    c. 7,5 cm
    d. 1,5 cm
17. Cahaya dari udara ke kaca akan dibiaskan ....
    a. menjauhi garis normal
    b. mendekati garis normal
    c. tidak dibiaskan
    d. sejajar permukaan air
18. Indeks bias udara – kaca adalah $\frac{3}{2}$. Jika laju rambat cahaya di udara adalah 3×10^9 m/s maka laju rambat cahaya di kaca adalah ....
    a. 3×10^9 m/s
    b. 2×10^8 m/s
    c. $1,5 \times 10^8$ m/s
    d. 10^8 m/s
19. Sinar yang datang sejajar sumbu utama sebuah lensa cekung akan....
    a. dibiaskan melalui titik fokus utama
    b. dipantulkan melalui titik fokus utama
    c. dibiaskan seolah-olah dari titik fokus utama
    d. dipantulkan seolah-olah dari titik fokus utama

20. Agar bayangan nyata yang dibentuk lensa cembung memiliki jarak fokus 5 cm dan sama besar dengan bendanya maka benda harus diletakkan di ....
    a. titik api utama
    b. di ruang II
    c. di ruang III
    d. tepat di 2*F*

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Lensa negatif mempunyai jarak fokus 12,5 cm. Di mukanya terdapat benda pada jarak 3,75 cm dengan tinggi 4 cm. Berapa tinggi bayangan? Bagaimana sifatnya? Lukiskan pembentukan bayangannya.
2. Sebuah prisma mempunyai sudut pembias 7°30’ dan indeks bias 1,6. Berapa deviasi minimumnya?
3. Diketahui kacamata berukuran $-\frac{3}{4}$ dioptri. Apa jenis lensanya dan berapa jarak titik apinya?
4. Agar terjadi perbesaran sebesar 2 kali, pada jarak berapa sebuah benda harus diletakkan di depan lensa cembung yang memiliki jarak titik api 10 cm?
5. Lukiskan perjalanan sinar pada pembiasan jika sinar datang dari udara ke kaca ($n_{kaca} = \frac{3}{2}$ dan n_{udara} = 1) dan sudut datang 60^0.

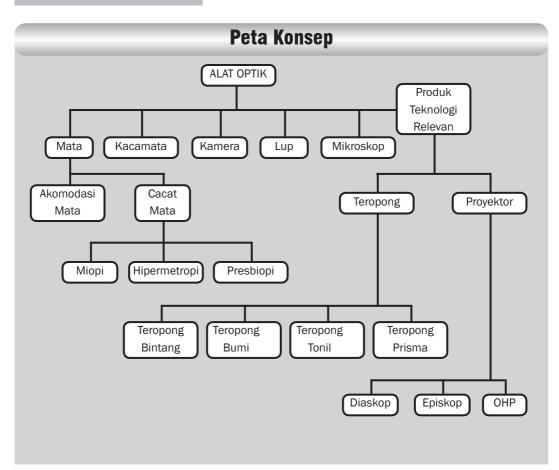
BAB XX

Tujuan

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

1. menjelaskan fungsi mata sebagai alat optik;
2. menggambarkan pembentukan bayangan benda pada retina;
3. menjelaskan beberapa cacat mata dan penggunaan kacamata;
4. menyelidiki ciri-ciri kamera sebagai alat optik;
5. menjelaskan konsep lup sebagai alat optik;
6. menjelaskan cara kerja mikroskop;
7. menjelaskan cara kerja beberapa produk teknologi yang relevan, misalnya berbagai jenis teropong dan proyektor.

ALAT OPTIK

Peta Konsep

Gambar 20.1 **Kamera Video Digunakan untuk Menghasilkan Gambar Video**

Sumber Gambar: www.tvprogear.com

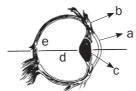
Tahukah kamu, bagaimana sebuah sinetron dibuat? Semua adegan dalam sinetron dibuat dengan menggunakan kamera video. Dalam kamera video terdapat film dalam bentuk kaset yang dapat berputar pada saat digunakan untuk mengambil gambar dalam suatu adegan. Mengapa kamera video dapat digunakan untuk merekam gambar dari objek yang ada di depannya?

A. Mata dan Kacamata

Kata-Kata Kunci
(Key Words)

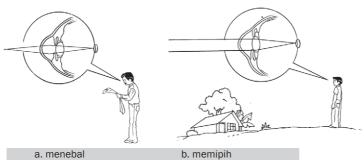
alat optik
diaskop
episkop
hipermetropi
iris
kamera
lup
mikroskop
miopi
optik
optika
OHP
punctum proximum
punctum remotum
presbiopi
retina
teleskop

Apakah mata kita termasuk alat optik? Tahukah kamu bagian-bagian mata? Bagian-bagian mata adalah

a. kornea mata, yaitu zat tanduk yang bening;
b. iris atau diafragma, yaitu otot yang dapat mengkerut dan melebar;
c. lensa mata, yaitu otot bening yang diikat otot lensa mata;
d. badan kaca, yaitu cairan yang bening;
e. bintik kuning atau retina, yaitu tempat berkumpulnya ujung-ujung penglihatan.

Gambar 20.2 Bagian-bagian Mata

Bagaimana mata kita melihat benda? Pada waktu kita melihat suatu benda maka lensa mata membentuk bayangan dari benda itu. Bayangan itu harus jatuh di retina. Karena letak benda yang dilihat tidak selalu tetap tempatnya, sedangkan bayangan dari benda itu oleh lensa mata harus selalu di retina maka kelengkungan lensa mata harus berubah-ubah sesuai dengan letak benda yang dilihat. Perubahan kelengkungan lensa menyebabkan terjadinya perubahan jarak fokus lensa mata. Perubahan ini dilakukan otot lensa mata. Jika benda yang dilihat jauh maka otot lensa mata mengkerut, menarik lensa menjadi pipih. Jika letak benda yang dilihat dekat maka otot lensa mata mengendur, Itu menyebabkan lensa mata menjadi tebal. Dengan demikian, bayangan benda yang dibuat lensa mata selalu jatuh di retina menjadi nyata, lebih kecil, dan terbalik.

Rangsang dari bayangan benda akan dikirim ke otak oleh saraf-saraf penglihat. Kemampuan lensa mata menebal dan memipih sesuai letak benda yang dilihat disebut daya akomodasi mata. Apakah daya akomodasi mata tanpa batas? Mari kita lakukan kegiatan berikut ini.

a. menebal b. memipih

Gambar 20.3 Lensa Mata Ketika Melihat Benda

Kegiatan Ilmiah 12.2

Titik Dekat dan Titik Jauh Mata

Tujuan Menentukan titik dekat dan titik jauh mata.

Alat dan Bahan Kertas, spidol, penggaris atau meteran kelos.

Petunjuk Kerja

1. Buat tulisan sebuah kata pada kertas dengan spidol. Tinggi huruf kira-kira $\frac{1}{2}$ cm.
2. Tempelkan kertas itu di tembok atau tiang yang tegak.
3. Coba berdiri pada jarak 1 m dari kertas. Amati tulisan itu. Apakah terlihat jelas? Bagi mereka yang berkacamata harus melepaskan kacamatanya selama kegiatan ini.
4. Jika cukup jelas, mundur perlahan-lahan menjauhi kertas sampai tulisan itu terlihat tidak jelas lagi. Berapa jarak mata ke tulisan mulai terlihat tidak jelas? Misalkan, jarak itu adalah d_1, masukkan dalam tabel. Jika pada jarak 1 m penglihatan sudah tidak jelas maka maju sedikit demi sedikit sampai tulisan terlihat jelas (jarak d_1). Jarak ini (d_1) disebut titik jauh mata.
5. Sekarang, kembali ke jarak 1 m dari tulisan. Maju perlahan-lahan mendekati tulisan sampai tulisan tidak terlihat jelas lagi. Berapa jarak itu? Misalkan, jarak itu adalah d_2 maka jarak ini yang disebut titik dekat mata.
6. Ulangi kegiatan di atas untuk teman-temanmu yang lain. Masukkan hasilnya ke dalam tabel seperti berikut.

Tabel 20.1 Hasil Pengamatan

No.	Nama	Jarak Terjauh (d_1)	Jarak Terdekat (d_2)
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Bahan Diskusi

1. Bagaimana keadaan lensa mata pada saat kita menjauhi tulisan? Bagaimana keadaan lensa saat jarak tulisan ke mata = d_1 (titik jauh)? Keadaan ini disebut mata sedang tidak berakomodasi.
2. Samakah nilai d_1 untuk setiap temanmu? Bagaimana nilai d_1 untuk temanmu yang biasanya berkacamata negatif? Bagaimana yang berkacamata positif?
3. Bagaimana keadaan lensa mata mendekati tulisan? Bagimana keadaan lensa mata saat jarak tulisan ke mata = d_2 (titik dekat)? Keadaan ini disebut mata sedang berakomodasi maksimum.
4. Samakah nilai d_2 untuk setiap temanmu? Bagaimana nilai d_2 untuk temanmu yang biasanya berkacamata negatif? Bagaimana yang berkacamata positif?
5. Apa yang dapat kamu simpulkan?

Bagaimana keadaan lensa mata kita pada saat melihat benda yang sangat jauh? Apakah mata berakomodasi pada saat tersebut? Jika mata kita melihat benda yang paling dekat maka lensa mata dalam keadaan paling tebal. Dikatakan mata kita sedang berakomodasi maksimum pada saat tersebut.

Titik jauh (*punctum remotum*) adalah titik paling jauh yang masih dapat dilihat dengan jelas oleh mata yang tidak berakomodasi. Titik dekat (*punctum proximum*) adalah titik paling dekat yang masih dapat dilihat dengan jelas oleh mata yang berakomodasi maksimum.

Pada mata normal (*emetropi*), titik jauhnya berada di tak berhingga dan titik dekatnya sekitar 15 cm sampai 25 cm. Berapa jarak baca matamu? Tahukah kamu, jarak baca yang paling baik untuk membaca?

Ada orang-orang yang titik jauhnya terbatas atau titik dekatnya menjauh. Hal ini dikarenakan kelemahan (cacat) mata. Ada beberapa macam cacat mata, yaitu rabun jauh (miopi), rabun dekat (hipermetropi), dan rabun tua (presbiopi).

a. sebelum memakai kacamata

b. setelah memakai kacamata berlensa cekung (negatif)

Gambar 20.4 Cacat Mata Miopi

1. Rabun jauh (miopi)

Rabun jauh adalah cacat mata tidak dapat melihat dengan jelas benda-benda yang jauh letaknya. Hal ini disebabkan lensa mata tidak dapat memipih sempurna sehingga titik jauh tidak terletak di tak berhingga, tetapi di tempat yang dekat.

Rabun jauh dapat ditolong dengan kacamata berlensa cekung (negatif). Fungsi lensa kacamata adalah membentuk bayangan maya dari benda yang jauh supaya terletak di titik jauhnya.

a. sebelum memakai kacamata

b. setelah memakai kacamata berlensa cembung (positif)

Gambar 20.5 Cacat Mata Hipermetropi

2. Rabun dekat (hipermetropi)

Rabun dekat adalah cacat mata tidak dapat melihat dengan jelas benda-benda yang dekat letaknya. Hal ini disebabkan lensa mata tidak dapat dicembungkan sempurna sehingga titik dekatnya lebih besar dari 25 cm.

Rabun dekat dapat ditolong dengan kacamata berlensa cembung (positif). Fungsi lensa kacamata ini adalah membentuk bayangan maya dari benda yang dekat supaya terletak di titik dekatnya.

3. Cacat mata tua (presbiopi)

Mengapa banyak orang tua memakai kacamata pada usia tuanya? Rabun tua adalah cacat mata yang disebabkan usia tua sehingga daya akomodasi mata sudah berkurang. Akibatnya, mata tidak dapat mencembung atau memipih secara sempurna. Jadi, mata tidak dapat melihat benda yang jauh maupun benda yang dekat letaknya.

Rabun tua dapat dibantu dengan kacamata berlensa ganda (bifokus), yaitu lensa cekung untuk melihat jauh dan lensa cembung untuk melihat dekat.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://id.wikipedia.org/wiki/Kacamata
http://bebas.vlsm.org/v13/Sponsor/_Sponsor-Pendamping/Praweda/Fisika/0334%20Fis-3-3a.htm

Jelajah Internet

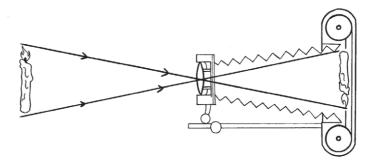
Mari kita jelajahi website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini. http://id.wikipedia.org/wiki/Kamera

Gambar 20.6 Kamera
Sumber Gambar:
http://www.cs.dartmouth.edu

B. Kamera, Lup, dan Mikroskop

1. Kamera (alat pemotret)

Pernahkah kamu menggunakan kamera? Kamera terdiri atas sebuah lensa cembung, diafragma, dan film. Lensa pada kamera dapat diubah-ubah letaknya sedemikian agar bayangan yang dibentuk lensa selalu terletak tepat pada film. Kertas film terbuat dari *cellulose* yang dilapisi perak bromina (AgBr). AgBr mempunyai sifat jika terkena sinar matahari atau sinar lampu akan menjadi hitam setelah diproses. Jadi, setelah film diproses, benda berwarna putih akan menjadi hitam. Sebaliknya, benda hitam akan menjadi putih. Oleh karena itu, film dikatakan negatifnya.

Untuk membuat positifnya atau gambar potret, negatif film dicetak pada kertas potret. Untuk mengatur banyak sinar yang masuk ke dalam kamera digunakan diafragma, yaitu semacam celah yang dapat diatur besar kecilnya. Sifat bayangan yang dibentuk kamera adalah nyata, terbalik, dan diperkecil.

Gambar 20.7 Bagian-bagian Utama Kamera

Refleksi Diri

Tentu kamu sering mendengar istilah film dengan ASA 100, ASA 200, atau ASA 400. Apa yang dimaksud dengan ASA? Coba kamu jelaskan.

Sumber Gambar:
Dokumentasi Penerbit

Kilasan IPA

Gambar 20.8 Kamera Digital
Sumber Gambar: www.indocommit.com

Kamera Digital

Kamera digital adalah kamera yang mengoperasikannya dengan sistem digital. Kamera ini tidak menggunakan film dalam bentuk rol, melainkan menggunakan kartu memori (*memory card*). Gambar-gambar yang sudah terbentuk dalam kamera dapat dihapus secara otomatis karena pada kamera ini dilengkapi dengan berbagai sarana. Misalnya, mendekatkan gambar, menghapus gambar, dan menggerakkan gambar. Untuk mencetak gambar foto yang dihasilkan, kamera ini dihubungkan dengan komputer. Di dalam komputer, gambar foto dapat diperbesar atau diperkecil sesuai dengan yang dikehendaki.

Tokohku

Louis Daguerre

Tahun 1787, Daguerre dilahirkan di kota Cormeilles, Prancis Utara. Profesi seniman pernah digelutinya sewaktu muda. Ketika berumur 30-an, dia merancang "dioragma" barisan lukisan pemandangan yang dipertunjukkan dengan bantuan efek cahaya. Pada saat penggarapan pekerjaan tersebut, dia tertarik untuk melukiskan pemandangan tanpa menggunakan kuas atau cat. Kamera, itu yang dimaksudnya.

Menjelang tahun 1837, dia berhasil mengembangkan sebuah sistem praktis fotografi yang disebutnya "daguerreotype". Penemuannya tersebut dipublikasi pada tahun 1839. Dia meninggal di kota asalnya dekat Paris pada tahun 1851.

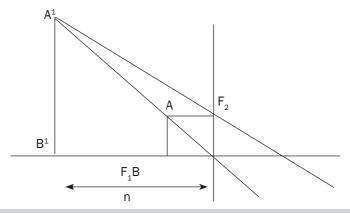
Gambar 20.9 Louis Daguerre
Sumber Gambar: http://media.isnet.org

Uji Latih Diri 20.1

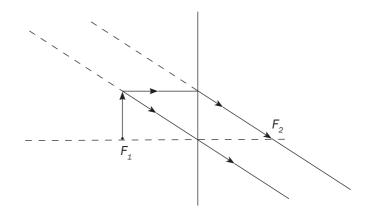
Apa persamaan dan perbedaan mata dengan kamera?

2. Lup

Pernahkah kamu menggunakan lup? Lup atau yang sering disebut kaca pembesar tersusun dari sebuah lensa cembung. Biasanya, lup digunakan untuk mengamati benda-benda yang kecil. Salah satu contoh orang yang menggunakan lup adalah tukang reparasi jam.

Benda yang diamati dengan lup diletakkan di antara fokus dan lensa sehingga bayangan yang terbentuk bersifat maya, tegak, dan diperbesar. Jika mata mengamati benda dengan berakomodasi maksimum, bayangan terletak di titik dekatnya. Jika mata tidak berakomodasi, bayangan terletak di titik jauhnya.

Gambar 20.10 Perjalanan Sinar pada Lup untuk Mata Berakomodasi Maksimum

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://free.vlsm.org/v12/sponsor/Sponsor-Pendamping/Praweda/Fisika
http://id.wikipedia.org/wiki/Mikroskpp

Gambar 20.11 Perjalanan Sinar pada Lup untuk Mata Tidak Berakomodasi

3. Mikroskop

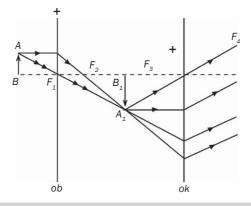
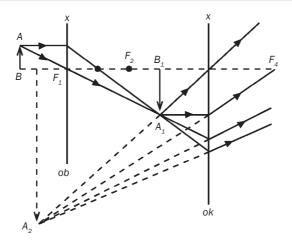
Mikroskop adalah alat untuk mengamati benda-benda yang sangat kecil. Mikroskop memiliki dua lensa cembung, yaitu lensa objektif dan lensa okuler. Lensa objektif adalah lensa yang dekat dengan objek atau benda yang akan diamati. Lensa okuler adalah lensa yang dekat dengan mata pengamat. Jarak antara lensa objektif dan lensa okuler disebut panjang mikroskop.

Bayangan benda yang dibentuk lensa objektif akan menjadi benda untuk lensa okuler. Perbesaran yang diperoleh adalah perbesaran lensa objektif dikalikan perbesaran okuler. Lensa okuler merupakan lup dalam pengamatannya.

Benda yang akan diamati diletakkan dekat dengan lensa objektif yang membentuk bayangan nyata, diperbesar, dan terbalik. Bayangan yang dibentuk lensa objektif merupakan benda untuk lensa okuler dan bayangan yang dibentuk okuler akan dilihat oleh mata.

Jika pengamatan dilakukan mata normal tidak berakomodasi, bayangan yang dibentuk lensa objektif harus terletak di titik api lensa okuler. Jika pengamatan dilakukan mata normal berakomodasi, bayangan yang dibentuk lensa objektif jatuh di antara titik optik dan titik fokus lensa okuler. Bayangan akhir yang dilihat mata adalah maya, terbalik, dan diperbesar.

Gambar 20.12 Bagian-Bagian Utama Mikroskop
Sumber Gambar:
www.nuhsbaum.comv

Tahukah kamu, pada saat ini banyak digunakan mikroskop elektron? Mikroskop elektron menggunakan elektron sebagai alat bantunya sehingga dihasilkan perbesaran jutaan kali.

Gambar 20.13 Perjalanan Sinar pada Mikroskop untuk Mata Tidak Berakomodasi

Gambar 20.14 Perjalanan Sinar pada Mikroskop untuk Mata Berakomodasi Maksimum

Gambar 20.15 Teropong Bintang untuk Mengamati Bintang dan Benda Langit Lainnya
Sumber Gambar: www.astrosurf.com

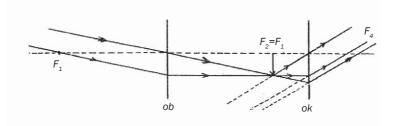
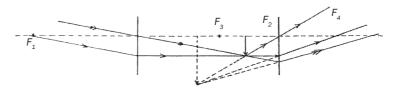
C. Produk-Produk Teknologi Relevan

1. Teropong

Pernahkah kamu melihat benda yang jauh letaknya dengan menggunakan suatu alat? Teropong adalah alat untuk melihat benda-benda yang jauh letaknya. Misalnya, melihat bintang, musuh di peperangan, dan kapal di laut. Seperti halnya mikroskop, teropong terdiri dari lensa objektif dan lensa okuler. Jika jarak fokus objektif pada mikroskop adalah kecil maka jarak fokus objektif pada teropong adalah besar. Bayangan yang dibentuk lensa objektif dari benda selalu jatuh pada titik fokus lensa objektif karena letak benda yang diambil sangat jauh.

a. Teropong bintang

Inginkah kamu melihat bintang pada malam hari dengan sangat jelas? Keinginan tersebut dapat tercapai jika kamu menggunakan teropong bintang. Teropong bintang terdiri dari dua lensa cembung, yaitu lensa objektif dan lensa okuler. Bayangan dari benda yang diamati lensa objektif selalu jatuh di titik fokus objektif.

Untuk pengamatan mata normal yang tidak berakomodasi, bayangan benda oleh objektif jatuh di titik fokus okuler sehingga titik fokus objektif berimpit dengan titik fokus okuler.

Gambar 20.16 Pembentukan Bayangan pada Teropong Bintang untuk Mata Tidak Berakomodasi

Gambar 20.17 Pembentukan Bayangan pada Teropong Bintang untuk Mata Berakomodasi Maksimum

Untuk pengamatan normal berakomodasi maksimum, bayangan benda oleh objektif jatuh di muka okuler sedemikian sehingga bayangan oleh okuler jatuh di titik dekat mata (PP = 25 cm). Panjang teropong

Bayangan akhir teropong bintang bersifat maya, terbalik, diperbesar.

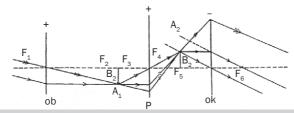
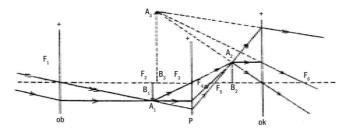
Nilai $S_{o.ok}$ dapat dicari dengan rumus seperti pada lup atau mikroskop. Di belakang lensa okuler dapat diletakkan kamera untuk memotret hasil pengamatan.

Pernahkah kamu melihat teropong bintang yang besar? Teropong bintang yang besar dapat kamu lihat di Boscha Bandung atau Planetarium Jakarta.

Teropong bintang disebut teropong pantul jika lensa objektif pada teropong bintang diganti dengan cermin cekung.

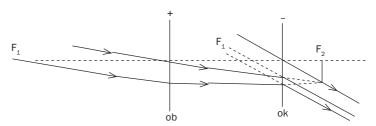
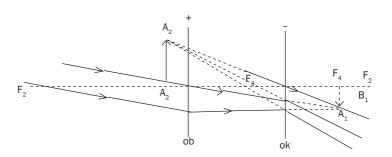
Gambar 20.18 Observatorium Boscha Bandung
Sumber Gambar: http://www.as.itb.ac.id

b. Teropong bumi (teropong Yojana)

Teropong bumi digunakan untuk melihat benda-benda yang jauh letaknya, misalnya kapal dan gunung berapi. Alat ini terdiri atas tiga buah lensa cembung yang berfungsi sebagai lensa objektif, lensa pembalik, dan lensa okuler. Lensa pembalik diletakkan di antara lensa objektif dan lensa okuler sehingga jarak antara bayangan yang dibentuk lensa objektif dengan lensa pembalik = 2*f* pembalik. Jadi, terbentuk bayangan nyata, terbalik, dan sama besar. Bayangan akhir yang dibentuk lensa okuler terlihat tegak seperti benda yang kita amati. Sifat bayangan akhir teropong bumi adalah tegak, maya, dan diperbesar.

Gambar 20.19 Pembentukan Bayangan pada Teropong Bintang untuk Mata Tidak Berakomodasi

Gambar 20.20 Pembentukan Bayangan pada Teropong Bintang untuk Mata Berakomodasi Maksimum

c. Teropong sandiwara (teropong panggung/teropong tonil)

Pernahkah kamu menonton teater atau sandiwara? Jika pernah, perhatikan penonton yang duduk di atas balkon. Adakah yang menggunakan teropong? Biasanya, teropong sandiwara digunakan untuk melihat adegan di panggung sandiwara. Alat ini terdiri atas sebuah lensa cembung sebagai lensa objektif dan sebuah lensa cekung sebagai lensa okuler. Karena benda yang diamati jauh letaknya, bayangan yang dibentuk lensa objektif terletak di titik api dan bayangan ini merupakan benda maya untuk lensa okuler.

Jika mata normal tidak berakomodasi memakai alat ini, bayangan yang dibentuk lensa objektif terletak di titik lensa okuler. Jika mata berakomodasi maksimum, bayangan tersebut diletakkan di antara lensa okuler dan titik api sehingga terbentuk bayangan maya, tegak, dan diperbesar.

a. untuk mata tidak berakomodasi

b. untuk mata berakomodasi maksimum

Gambar 20.21 Pembentukan Bayangan pada Teropong Sandiwara

d. Teropong prisma

Teropong prisma sama seperti teropong bumi, tetapi lensa pembalik diganti dengan dua buah prisma optik sehingga teropong ini tidak terlalu panjang. Misalnya, periskop pada kapal selam untuk melihat keadaan di atas laut.

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website berikut untuk menambah wawasan akan materi ini.
http://free.vlsm.org

Gambar 20.22 Teropong Prisma
Sumber Gambar: www.dalsa.com

Gambar 20.23 Perjalanan Sinar pada Periskop

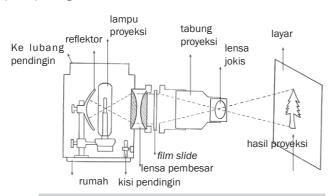
2. Proyektor

a. Diaskop (slide projector)

Diaskop adalah alat untuk memproyeksikan gambar diapositif sehingga terbentuk bayangan nyata pada layar. Alat ini terdiri dari sebuah cermin cekung sebagai reflektor (pemantul) dan dua buah lensa cembung masing-masing sebagai kondensor (membuat sinar sejajar) dan sebagai proyektor (memperbesar gambar bayangan).

Pada diaskop, titik pusat kelengkungan cermin berimpit dengan titik api lensa kondensor dan di titik itu dipasang lampu yang terang. Sinar yang dipancarkan lampu diubah oleh lensa kondensor menjadi berkas sinar sejajar yang tepat menerangi benda diapositif. Benda tersebut merupakan benda untuk lensa proyektor yang menghasilkan bayangan nyata, terbalik, diperbesar, dan terletak di layar.

Gambar 20.24 Diaskop (Slide Projector)
Sumber Gambar: www.seresc.ne t

Perbesaran hanya terjadi oleh lensa proyektor sehingga terlihat seperti pada gambar berikut:

Gambar 20.25 Pembentukan Bayangan pada Diaskop

Jelajah Internet

Mari kita jelajahi website berikut untuk manambah wawasan akan materi ini. http://id.wikipedia. org/wik

$$M = \frac{S_i}{S_o}$$

Seringkah kamu menonton di bioskop? Di bioskop, gambar diapositif disambung dengan perubahan gerak. Akibatnya, bayangan pada layar tampak hidup. Kesan hidup ini akibat bayangan iring, yaitu kesan yang diterima retina, kemudian disimpan kira-kira 0,05 detik setelah bayangan itu hilang. Sebelum kesan bayangan pertama hilang, bayangan kedua telah mengikutinya, begitu seterusnya. Akibatnya, kesan terhadap kedua bayangan menjadi satu.

Contoh Soal 20.1

Soal

Sebuah diaskop digunakan untuk memproyeksikan sebuah gambar pada layar. Jarak titik api lensa 20 cm dan jarak antara lensa dengan layar 5 m. Berapakah jarak antara gambar dengan lensa?

Pembahasan

Diketahui: f = 20 cm

S_i = 5 m = 500 cm

Ditanya: S_o = ... ?

Jawab: $\frac{1}{f} = \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i}$

$$\frac{1}{S_o} = \frac{1}{f} - \frac{1}{S_i}$$

$$= \frac{1}{20} - \frac{1}{500}$$

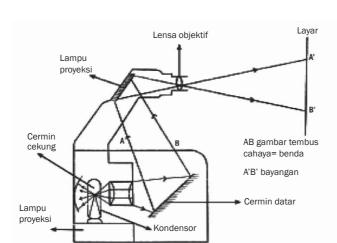
$$= \frac{25-1}{500} = \frac{24}{500}$$

$$S_o = \frac{500}{24} = 20,83$$

Jadi, jarak gambar ke lensa adalah 20,83 cm.

b. Overhead projector (OHP)

OHP adalah alat untuk memproyeksikan benda tembus cahaya. Cara kerja OHP seperti diaskop. Alat ini sering dipakai karena memiliki beberapa kelebihan, yaitu dapat dipakai dalam ruangan terang dan benda yang diproyeksikan adalah gambar atau tulisan tangan dengan spidol pada kertas plastik atau kertas transparan.

Gambar 20.27 OHP
Sumber Gambar: www.tufs.ac.j

Gambar 20.29 Pembentukan Bayangan Pada OHP

Uji Latih Diri 20.2

Sebuah *slide projector* mempunyai lensa dengan kekuatan +20 dioptri. Dimanakah layar akan diletakkan di depan alat itu agar *slide* yang berada 5,25 cm dari lensa menghasilkan proyeksi yang jelas?

Tugas Proyek

Temui seseorang (boleh teman atau tetangga) yang memakai kacamata. Kemudian, tanyakan kepadanya, yaitu

1. jenis kacamata yang dipakai;
2. kekuatan lensa kacamata yang dipakai;
3. jarak titik fokus lensa kacamata yang dipakai.

Bagaimanakah cacat mata yang dialami orang tersebut. Berapakah *punctum remotum* dan *punctum proximum*nya?

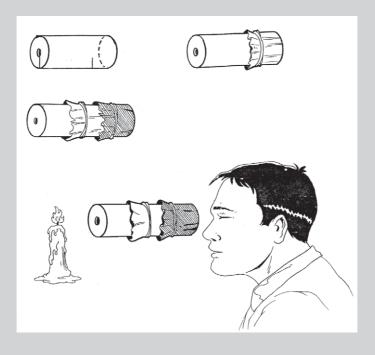
Unjuk Usaha

Membuat Kamera Obscura

Alat dan Bahan

Kaleng bekas susu bubuk 1 buah;
kertas minyak putih atau kertas kalkir atau kertas tik tipis;
kertas karton hitam;
karet gelang;
paku kecil;
palu;
gunting;
lilin lampu.

Cara membuat

1. Buat lubang kecil dengan paku di tengah-tengah dasar kaleng.
2. Tutup bagian kaleng yang terbuka dengan kertas minyak atau kertas kalkir. Kemudian, ikat dengan karet gelang hingga kuat.
3. Tutup bagian ini dengan karton hitam sehingga kertas minyak berada di dalam gulungan kertas hitam dan terlindung dari cahaya.
4. Nyalakan lilin dengan geretan. Kemudian, letakkan di muka lubang paku pada kaleng.
5. Lihat kertas minyak melalui lubang kertas hitam. Apa yang kamu lihat?
6. Geser-geser kameramu sehingga bayangan lilin pada kertas minyak jelas.

Rangkuman

Alat optik adalah alat-alat yang menggunakan lensa, prisma, atau cermin sebagai bagian utamanya. Misalnya, lensa mata. Lensa mata mempunyai kemampuan untuk menebal dan memipih sesuai letak benda yang dilihat. Kemampuan tersebut disebut daya akomodasi mata. Jarak paling dekat yang dapat dilihat mata dengan jelas disebut punctum proximum, sedangkan jarak yang paling jauh yang dapat dilihat mata dengan jelas disebut punctum remotum. Jika lensa mata tidak dapat melihat dengan sempurna, tidak dapat memipih, atau mencembung maka dikatakan mata mengalami cacat mata. Ada tiga jenis cacat mata, yaitu miopi, hipermetropi, dan presbiopi. Selain lensa mata, kamera, teropong, dan mikroskop merupakan alat optik juga.

Evaluasi Diri 20

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Yang berfungsi memproyeksikan bayangan agar terbentuk pada plat film sebuah kamera adalah ....
   a. lensa
   b. diafragma
   c. *shutter*
   d. film
2. Pada kamera, bayangan benda yang akan dibentuk diletakkan di ruang ... lensa.
   a. III
   b. IV
   c. I
   d. II
3. Sifat bayangan yang terjadi pada sebuah kamera adalah ....
   a. nyata, diperkecil, sama tegak
   b. maya, sama besar, terbalik
   c. nyata, diperkecil, terbalik
   d. maya, sama tegak, diperkecil
4. Pada mata, bayangan terbentuk di ....
   a. saraf mata
   b. retina
   c. pupil
   d. iris
5. Yang berfungsi untuk mengatur jumlah cahaya yang masuk ke mata adalah ....
   a. kornea
   b. lensa
   c. retina
   d. pupil
6. Lensa mata berfungsi untuk ....
   a. mengatur jumlah cahaya yang masuk ke mata
   b. tempat terbentuknya bayangan
   c. memproyeksikan bayangan pada retina
   d. meneruskan kesan bayangan ke otak

7. Kemampuan mata untuk mencembung dan memipihkan lensanya agar sesuai dengan jarak benda yang dilihat disebut daya ....
   a. akomodasi
   b. mata
   c. lensa
   d. otot mata
8. Gambar berikut menunjukkan bahwa mata ....
   a. melihat pada titik dekat mata
   b. berakomodasi maksimum
   c. melihat pada jarak baca
   d. melihat pada titik jauh mata

Paling cembung

9. Gambar berikut menunjukkan bahwa mata tersebut menderita cacat mata jenis ....
   a. presbiopi
   b. miopi
   c. emetropi
   d. hipermetropi
10. Penderita rabun dekat dapat ditolong dengan cara memakai kacamata berlensa ....
   a. silindris
   b. cembung
   c. rangkap atau ganda
   d. cekung
11. Cacat mata yang disebabkan usia lanjut disebut ....
   a. emetropi
   b. miopi
   c. hipermetropi
   d. presbiopi
12. Untuk mengamati benda-benda kecil digunakan ....
   a. lup
   b. teleskop
   c. mikroskop
   d. periskop
13. Pengamatan dengan lup untuk mata tidak berakomodasi maka benda diletakkan di ....
   a. ruang I
   b. titik pusat lup
   c. titik fokus lup
   d. ruang II
14. Untuk mengamati benda-benda yang sangat kecil, alat yang digunakan adalah ....
   a. mikroskop
   b. teleskop
   c. episkop
   d. periskop
15. Benda yang diamati dengan mikroskop diletakkan di depan lensa objektif pada ruang ....
   a. I
   b. III
   c. II
   d. IV
16. Untuk mengamati benda-benda di permukaan bumi yang letaknya sangat jauh, alat yang digunakan adalah ....
   a. teropong kapal selam
   b. teropong bintang
   c. teropong panggung
   d. teropong medan
17. Prisma siku-siku yang terdapat dalam teropong bumi berfungsi untuk ....
   a. memperjelas bayangan yang dibentuk lensa okuler
   b. membalik bayangan sehingga sama tegak dengan bendanya
   c. mengatur jumlah cahaya yang masuk ke teleskop
   d. mengatur jarak benda sehingga bayangannya jelas

18. Untuk mengamati benda-benda di permukaan laut digunakan alat ....
    a. teleskop
    b. episkop
    c. periskop
    d. diaskop
19. Untuk memproyeksikan gambar yang tidak tembus cahaya pada layar, alat optik yang digunakan adalah ....
    a. teleskop
    b. episkop
    c. periskop
    d. mikroskop
20. Alat untuk memproyeksikan gambar diapositif disebut ....
    a. episkop
    b. *overhead projector*
    c. teleskop
    d. diaskop

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan bab ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

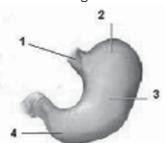
1. Bayangan pada mata agar selalu jatuh di retina maka lensa mata mencembung atau memipih sesuai dengan jarak benda. Apa yang harus dilakukan pada kamera agar bayangan selalu jatuh di plat film?
2. Apakah perbedaan antara miopi dan hipermetropi? Sebutkan orang-orang yang biasa menderita miopi dan hipermetropi?
3. Gambarkan dengan diagram cacat mata untuk jenis:
    a. rabun jauh;
    b. rabun dekat;
    c. mata tua beserta keterangannya.
4. Bagaimana gambar jalannya sinar pada proses pembentukan bayangan pada pengamatan dengan lup untuk mata berakomodasi maksimum?
5. Bagaimana jalannya sinar pada proses pembentukan bayangan yang terjadi pada pengamatan dengan mikroskop?

Soal-soal Akhir Buku

I. Untuk mengasah pemahamanmu akan materi buku ini, coba kamu jawab pertanyaan berikut ini dengan memilih jawaban yang benar.

1. Pertumbuhan suatu tumbuhan identik dengan pertambahan ....
   a. volume
   b. massa kering
   c. tinggi
   d. berat
2. Berikut ini hormon yang mempengaruhi pertumbuhan ujung batang, yaitu ....
   a. giberelin
   b. auksin
   c. rhizokalin
   d. asam absisat
3. Perkembangan pasca embrionik pada hewan berbeda-beda, ada yang mengalami metamorfosis dan ada juga yang tidak. Tahap-tahap metamorfosis yang tidak sempurna adalah ....
   a. telur – muda – dewasa
   b. telur – nimpa – imag
   c. telur – pupa – imago
   d. telur – larva – imago
4. Urutan yang benar nama sendi di bawah ini dari kiri ke kanan adalah ....

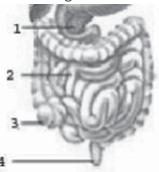
   a. sendi pelana, sendi luncur, sendi putar
   b. sendi putar, sendi pelana, sendi luncur
   c. sendi peluru, sendi luncur, sendi pelana
   d. sendi putar, sendi luncur, sendi pelana
5. Ion yang berperan dalam kontraksi otot adalah ....
   a. Na^+
   b. K^+
   c. Ca^{2+}
   d. Cu^{2+}
6. Fungsi stomata saat fotosintesis adalah ....
   a. mengeluarkan uap air
   b. mengeluarkan glukosa
   c. masuknya karbon dioksida
   d. mengeluarkan energi
7. Air yang dibutuhkan untuk fotosíntesis diangkut oleh ....
   a. xilem
   b. floem
   c. endodermis
   d. stomata
8. Bahan-bahan yang berperan dalam pembekuan darah, *kecuali* ....
   a. Fibrinogen
   b. keping darah
   c. ion Na^+
   d. ion Ca^{2+}
9. Pembuluh darah yang membawa darah miskin oksigen adalah ....
   a. arteri ginjal
   b. arteri hepar
   c. aorta
   d. arteri paru-paru

10. Perhatikan gambar lambung di bawah ini.

Bagian lambung yang menghasilkan getah lambung adalah bagian nomor ....

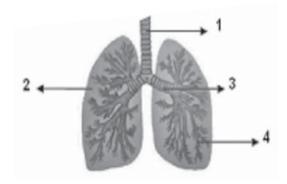
a. 4
b. 3
c. 2
d. 1

11. Enzim yang berperan dalam pencernaan protein pada duodenum adalah ...

a. maltase
b. lipase
c. pepsin
d. Tripsin

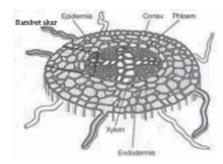
12. Perhatikan gambar usus di bawah ini.

Penyerapan sari-sari makanan untuk diedarkan ke seluruh sel tubuh dilakukan pada struktur bagian nomor ....

a. 4
b. 3
c. 2
d. 1

13. Perhatikan gambar di bawah ini.

Tempat pertukaran gas terjadi pada bagian ....

a. 3
b. 2
c. 4
d. 1

14. Bagian putik pada gambar bunga di bawah ini ditunjukkan pada nomor ....
    a. 3
    b. 4
    c. 2
    d. 1

15. Struktur yang berfungsi untuk menambah kapasitas penyerapan air pada akar adalah ...

    a. epidermis
    b. xilem
    c. cortex
    d. rambut akar

16. Suatu atom mempunyai jumlah elektron yang sama banyaknya dengan jumlah proton. Jika atom tersebut kedatangan sebuah elektron maka atom itu menjadi ....
    a. netral
    b. bermuatan negatif
    c. bermuatan positif
    d. berubah jenisnya
17. Jumlah elektron paling banyak pada kulit M adalah ....
    a. 32
    b. 18
    c. 8
    d. 2
18. Nomor atom suatu unsur adalah bilangan yang menyatakan ....
    a. banyaknya proton dalam inti atom
    b. banyaknya neutron dalam inti atom
    c. jumlah elektron yang ada dalam inti atom
    d. jumlah proton dan neutron dalam inti atom
19. Suatu unsur berada pada periode 3 dan golongan IIA maka jumlah elektron unsur itu adalah ....
    a. 6
    b. 12
    c. 18
    d. 30

20. Unsur yang memiliki nomor massa 31 dan nomor atom 15 akan memiliki neutron sebanyak ... buah.
    a. 12
    b. 15
    c. 16
    d. 46
21. Molekul suatu senyawa dibentuk oleh unsur-unsur sejenis. Molekul itu disebut molekul ....
    a. tunggal
    b. majemuk
    c. senyawa
    d. unsur
22. Bahan utama sabun cuci adalah ....
    a. kalium hidroksida dan gliserin
    b. natrium hidroksida dan minyak kelapa sawit
    c. natrium hidroksida dan benzene sulfanat
    d. kalium karbonat dan minyak kelapa
23. Bahan-bahan berikut ini merupakan zat aditif pada makanan, *kecuali* ....
    a. pewarna
    b. pengembang
    c. pelarut
    d. pemanis
24. Berikut adalah fungsi dari pembersih lantai, *kecuali* ....
    a. menghaluskan permukaan lantai
    b. membunuh bakteri pathogen
    c. memusnahkan jamur
    d. membersihkan lantai
25. Perhatikan bahan-bahan kimia berikut.
    1) kresol;
    2) karbol;
    3) alkohol;
    4) isopropanal.

    Bahan di atas yang merupakan bahan pembersih lantai adalah nomor ....
    a. 1), 2), dan 3)
    b. 1), 2), dan 4)
    c. 1), 3), dan 4)
    d. 2), 3), dan 4)
26. Pelarut pada cat tembok adalah ....
    a. air
    b. terpentin
    c. bensin
    d. alkohol
27. Permukaan benda sebelum di cat akan diberikan ....
    a. air bersih
    b. cat dasar
    c. pengikat
    d. penghalus

28. Jika tanah liat yang dicampur pasir dibakar hingga suhu $1.000^{0}C$ maka didapat ....
   a. keramik
   b. porselen
   c. gerabah
   d. tembikar
29. Silikon oksida, natrium karbonat, dan kalsium karbonat dicampur merata, kemudian dipanaskan sampai suhu $1.500^{0}C$ akan terbentuk ....
   a. tembikar
   b. kaca
   c. gerabah
   d. porselen
30. Proses mekanik pembuatan kertas adalah ....
   a. memasak bahan baku dengan NaOH
   b. memasak bahan baku dengan campuran NaOH, Na_2S, dan Na_2CO_3
   c. menggiling bahan baku sampai hancur
   d. mengeringkan bahan baku dengan pengering
31. Unsur kimia yang dibutuhkan tanaman untuk proses pembentukan klorofil, lemak, dan minyak adalah ....
   a. fosfor
   b. nitrogen
   c. kalium
   d. magnesium
32. Jenis pestisida alami untuk menanggulangi serangan hama dan penyakit tanaman adalah ....
   a. lavender
   b. endrin
   c. minyak atsiri
   d. diazinon
33. Zat adiktif yang terdapat dalam kopi dan teh adalah ....
   a. nikotin
   b. tenin
   c. kokain
   d. kafein
34. Bahan-bahan berikut termasuk opioda, *kecuali* ....
   a. candu
   b. morfin
   c. kokain
   d. heroim
35. Ganja, marijuana, mary jane, dan grass termasuk zat adiktif jenis ....
   a. cannabis
   b. psikotropika
   c. opioda
   d. narkotika
36. Golongan obat-obatan yang dapat membuat seseorang menjadi lebih efektif, kuat bekerja, dan tidak mengantuk disebut ....
   a. depresan
   b. stimulant
   c. psikoaktif
   d. euphoria

37. Zat-zat yang dihasilkan rokok jika dibakar, *kecuali* ....
    a. gas karbon dioksida
    b. tar
    c. nikotin
    d. gas karbon monoksida
38. Pewarna alami makanan dari cabai merah untuk memerahkn rending disebut ....
    a. kapxantin
    b. kurkumin
    c. antosianin
    d. riboflavin
39. Zat pewarna sintetis yang dilarang untuk digunakan pada makanan adalah ....
    a. beta karoten
    b. tartazin
    c. metanil yellow
    d. biru berlian
40. Zat kimia yang banyak digunakan untuk mengawetkan makanan adalah ....
    a. formalin
    b. asam benzoate
    c. boraks
    d. asam sulfat
41. Pada sebuah benda bekerja gaya F_1 dan F_2. Paduan gaya yang bekerja pada benda itu adalah R yang arahnya sama dengan anak F_1. Jika nilai R lebih kecil daripada F_1 maupun F_2 maka gaya F_1 ....
    a. searah F_2 dan $F_1 < F_2$
    b. searah F_2 dan $F_1 > F_2$
    c. berlawanan arah dengan F_2 dan $F_1 < F_2$
    d. berlawanan arah dengan F_2 dan $F_1 > F_2$
42. Gaya F bekerja pada benda yang bermassa m sehingga benda mendapat percepatan *a.* Jadi, pernyataan itu dapat disimpulkan ....
    a. F makin besar untuk m tetap, nilai a makin besar
    b. F makin besar untuk m tetap, nilai a makin kecil.
    c. F tetap untuk m makin besar, nilai a tetap.
    d. F tetap, untuk m makin kecil, nilai a makin kecil.
43. Jika pada sebuah benda bekerja sebuah gaya maka pada benda itu akan timbul gaya reaksi yang arahnya berlawanan dengan gaya itu. Pernyataan itu merupakan ....
    a. hukum I Newton
    b. hukum II Newton
    c. hukum III Newton
    d. hukum Kelembaman

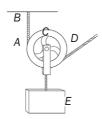
44. Perhatikan gambar berikut ini.

Mobil sedang berjalan direm.

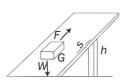
F_2 = gaya rem.

Usaha F_n bernilai ....

a. positif
b. nihil
c. pecahan
d. negatif

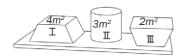
45. Berikut adalah gambar katrol bergerak.

Titik tumpu pada alat itu adalah titik ....

a. A
b. B
c. C
d. D

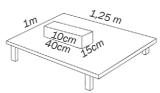
46. Perhatikan bidang miring berikut ini.

1) Nilai $F \times s = w \times h$
2) Keuntungan mekaniknya = $\frac{s}{h}$
3) Makin besar θ, makin kecil nilai mekaniknya

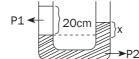
Pernyataan yang benar, yaitu nomor ....

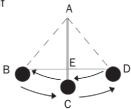
a. 1), 2), dan 3)
b. 1) dan 2)
c. 1) dan 3)
d. 2) dan 3)

47. Perhatikan gambar berikut ini!

Jika massa ketiga benda sama maka tekanan paling besar adalah pada benda ....

a. I
b. II
c. III
d. I dan II

48. Jika balok berada di atas meja dan $g = 10\ m/s^2$ maka tekanan balok pada meja besarnya

....
a. 2,5 N/m^2
b. 80 N/m^2
c. 800 N/m^2
d. 2.500 N/m^2

49. Jika ρ_1 = 800 kg/m^3, sedangkan ρ_2 = 1.200 kg/m^3 maka nilai x adalah ....

a. 6 cm
b. $13\frac{1}{3}$ cm
c. 16 cm
d. 30 cm

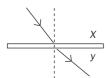
50. Perhatikan gambar gerak bandul berikut

Ampiltudo getaran bandul adalah jarak dari ....

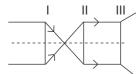
a. *C* ke *D*
b. *B* ke *D*
c. *B* ke *E*
d. *A* ke *C*

51. Sebuah lilin berada di seberang kita terhadap sebuah bidang *X*. Ternyata, kita dapat melihat lilin dengan jelas sekali. Ini menunjukkan bidang *X* adalah ....

a. benda gelap
b. memberi cahaya
c. benda tembus cahaya
d. benda bening

52. Perhatikan sinar datang dari benda *X* ke cermin cekung. Jika sinar datang sesuai dengan garis *XF* maka sinar itu akan ....
   a. dipantulkan sejajar *OM*
   b. dipantulkan melalui *O*
   c. diteruskan ke *FY*
   d. dibiaskan sejajar *OF*

53. Sinar dari media *X* masuk ke media *Y* digambarkan sebagai berikut.

   Pernyataan berikut benar, *kecuali* ....
   a. *X* adalah optik lebih rapat dibanding *Y*
   b. kecepatan cahaya di *X* > kecepatan cahaya di *Y*
   c. indeks bias cahaya kurang dari 1
   d. sinar dibiaskan menjauhi garis normal

54. Pembiasan sinar lampu oleh tiga keping zat bening berlangsung seperti gambar berikut ini.

   Berturut-turut keping I, II, dan III adalah ....
   a. lensa cembung, lensa cembung, lensa cekung.
   b. lensa cembung, lensa cekung, lensa cekung.
   c. lensa cekung, lensa cekung, lensa cembung.
   d. lensa cekung, lensa cembung, lensa cembung.

55. Sudut deviasi, yaitu sudut antara ....
   a. sinar datang pada kaca akan paralel dengan garis normal
   b. sisi-sisi bidang pantul pada prisma optik
   c. sinar bias dengan sinar datang pada lensa
   d. sinar yang masuk dengan sinar yang keluar pada prisma optik

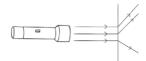
56. Sebuah lilin menyala diletakkan di muka sebuah lensa cembung. Bayangan yang terbentuk dapat ditangkap dengan layar, terbalik, dan lebih besar dibanding lilin aslinya. Jika jarak fokus lensa = *f* maka letak lilin adalah ...terhadap lensa.
   a. lebih besar dari 2*f*
   b. sama dengan 2*f*
   c. antara *f* dan 2*f*
   d. lebih kecil dari *f*

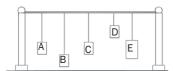
57. Pada saat melihat benda yang sangat jauh maka lensa mata paling pipih. Titik terjauh yang dapat dilihat mata dengan jelas disebut ....
   a. *punctum proximum*
   b. *punctum nemotum*
   c. titik dekat
   d. bintik buta

58. Hal-hal berikut ini berlaku pada lup, *kecuali* ....
    a. menggunakan sebuah lensa cembung
    b. bayangan akhir maya, tegak, lebih besar
    c. benda berada di ruang I lensa lup.
    d. pengamatan selalu tidak berakomodasi
59. Bayangan yang dibentuk kamera dari benda yang dipantulkan bersifat ....
    a. nyata, terbalik, diperkecil
    b. nyata, tegak, diperbesar
    c. maya, tegak, diperbesar
    d. maya, terbalik, diperkecil
60. Berikut ini merupakan pernyataan untuk sebuah mikroskop.
    1) Menggunakan 2 buah lensa cembung;
    2) bayangan akhir maya, terbalik, diperbesar;
    3) benda yang diamati berada jauh dari lensa objektif;
    4) lensa okuler berfungsi seperti lup.

    Pernyataaan yang benar adalah nomor ....
    a. 1), 2), dan 3)
    b. 1), 2), dan 4)
    c. 1), 3), dan 4)
    d. 2), 3), dan 4)

II. Untuk mengasah pemahamanmu akan buku ini, coba kamu jawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan tepat.

1. Coba kamu dekripsikan dengan contoh gejala perbedaan pertumbuhan dengan perkembangan.
2. Bagaimana hubungan antara sistem rangka dengan otot dalam mekanisme gerak pada manusia?
3. Bagaimana hubungan antara makanan, oksigen, dan sistem peredaran darah? Gambarkan dengan suatu bagan hubungan atau mekanisme ketiganya.
4. Bagaimana hubungan antara proses fotosintesis, transfer materi , an energi dan struktur tubuh tumbuhan?
5. Coba kamu buatkan peta/bagan pikiran yang menjelaskan perbedaan antara gerak-gerak pada tumbuhan.
6. Banyak barang dan peralatan rumah tangga yang menggunakan plastik. Apa keuntungan dan kerugian penggunaan plastik sebagai alat rumah tangga?
7. Pengawetan makanan dapat dilakukan secara fisik dan kimia. Bagaimana cara pengawetan secara fisik?
8. Jika teman-teman di sekitarmu adalah perokok, bagaimana cara dan sikapmu untuk tidak terbawa kebiasaan merokok mereka?
9. Apa fungsi dari pemasangan cermin datar pada dinding-dinding ruangan di sebuah toko?
10. Coba kamu amati gambar berikut ini.

Gambar di atas merupakan perjalanan sebuah sinar. Benda apakah *x* itu?

11. Diketahui pada sebuah percobaan, massa beban *A*, *B*, *C*, dan *D* adalah sama. Massa beban *E* > massa *A*. Jika beban *E* diayun, apakah yang akan terjadi pada beban-beban tersebut?

12. Apa yang digunakan untuk memproyeksikan kartu pos pada layar?
13. Prapto bermain gitar bersama Adi. Kedua gitar yang dipakai serba sama. Saat mereka memetik senar pertama, nada yang dihasilkan gitar Prapto lebih kuat kedengarannya. Mengapa hal itu terjadi?
14. Sekelompok siswa membuat percobaan memasukkan balok kayu ke dalam air. Ternyata, bagian balok yang muncul di atas permukaan air adalah 0,16 bagian. Jika massa jenis air = 1.000 kg/m^3, berapakah massa jenis balok kayu itu?
15. Sebuah stasiun radio membuat siaran pada gelombang 150 m. Kecepatan gelombang elektro magnet = 3×10^8 m/s. Berapkah frekuensi yang digunakan stasiun radio tersebut?

Daftar Pustaka

Abadi, A. Latief. 2003. *Ilmu Penyakit Tumbuhan I-II-III*. Malang. Bayumedia Publishing.

Arisworo, Djoko. dkk. 2007. *Ilmu Pengetahuan Alam.* Bandung. Grafindo.

Briggs, J. G. R. 2004. *Chemistry.* Singapore. Longman.

____. 2005. *Chemistry, Topic By Topic.* Singapore. Greenleaf Publication.

Campbell, Neil. A. Reece. Jane, B. Mitchell, Lawrance. G. 2003. *Biologi Jilid 2 Edisi Kelima*. Terjemahan : Wasmen Manalu. Jakarta. Erlangga.

Chew, Charles. Cheng, Leong See. 2003. *Comprehensive Physics for '0' Level Science.* Singapore. Federal Publication(s) Pte. Ltd.

Coghill, Graham. Wood, Paul. 2000. *Science Spektrum*. Melbourne. Australia.

Corbeil, Jean-Claude. Archambault, Ariane. 2004. *Kamus Visual edisi Indonesia Inggris*. Jakarta. PT. Buana Ilmu Populer.

Fajar, Crys, P. dkk. 2007. *Ipa Terpadu.* Surakarta. Mediatama.

Heyworth, Rex M. 2000. *Explore Your World With Science Discovery 1*. Singapore. Pearson Educational Asia Pte Ltd.

Lufti. 2004. *Sains Kimia SMP.* Jakarta. Esis.

Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP). 2005. *Ilmu Pengetahuan Alam-Biologi.* Jakarta. Departemen Pendidikan Nasional, Direktorat Jendral Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Pendidikan Lanjutan Pertama.

Raven and Johnson. 2002. *Biology-sixth edition*. Mc.Graw-Hill Companies, Inc. New York. USA.

Redaksi Oxford Ensiklopedi Pelajar. 1995. *Oxford Ensiklopedi Pelajar 5.* Jakarta. PT. Widyadara.

Redaksi The Grolier Science Encyclopedia. 2000. *The Grolier Science Encyclopedia 1.* London. Kingfisher Publication Plc.

Soewolo, Soedjono Basoeki. Yudani, Titi. 2003. *Fisiologi Manusia*, Technical Cooperation Project for Development of Science and Mathematics Teaching for Primary and Secondary Education in Indonesia (IMSTEP) JICA. Malang. Jurdik Universitas Negeri Malang.

Sungguh, As'ad. 1994. *Kamus Istilah Teknik*. Jakarta. PT. GMP.

Suryatin, Budi. 2001. *IPA Fisika.* Jakarta. PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.

Taruno, Bina. 1985. *Bahaya Penyalahgunaan Narkotika/obat keras dan Penanggulangannya*. Jakarta. BP Sandaan.

VanCleave, Janice Pratt. 2003. 204 *Percobaan-percobaan yang menakjubkan*. Bandung. Pakar Raya.

Wirjosoemarto, Koesmadji. Dkk. 2004. *Teknik Laboratorium (common textbook)*. Bandung, FMIPA UPI.

Glosarium

Adhesi	:	tarik menarik antarmolekul dalam suatu larutan.
Adisi	:	penggabungan dua atau lebih cahaya berwarna.
Aditif	:	zat yang ditambahkan pada makanan untuk menyempurnakan makanan.
Aerobik	:	bakteri pembusuk yang memerlukan oksigen pada proses pembusukan.
Albumin	:	zat putih telur.
Altimeter	:	alat untuk menentukan tinggi suatu tempat terhadap bumi.
Ambang batas	:	jumlah suatu zat aditif yang boleh ditambahkan ke dalam 1 kg makanan.
Amilase	:	enzim yang mengubah zat tepung menjadi zat gula.
Anaerobik	:	bakteri pembusuk yang tidak memerlukan oksigen pada proses pembusukannya.
Anemia	:	kekurangan sel darah merah (hemoglobin).
Anion	:	ion yang bermuatan listrik negatif.
Asidulan	:	bahan kimia yang ditambahkan pada makanan untuk menjaga tingkat keasaman.
Atom	:	bagian terkecil dari suatu zat yang tidak dapat dibagi-bagi lagi dengan cara kimia biasa.
Audiosonik	:	getaran bunyi yang merupakan batas pendengaran manusia, yaitu antara 20 Hz sampai 20.000 Hz.
Avitaminosis	:	kondisi kekurangan vitamin.
Barograf	:	barometer yang dilcngkapi alat pencatat.
Barometer	:	alat untuk mengukur tekanan udara.
Baroskop	:	alat untuk membuktikan hukum Archimedes dalam gas.
Benda bening	:	benda yang dapat meneruskan hampir seluruh cahaya yang diterimanya.
Benda gelap	:	benda yang tidak dapat memancarkan cahaya.
Cermin	:	benda yang salah satu permukaannya dapat memantulkan hampir seluruh cahaya yang datang.
Daya	:	usaha tiap satuan waktu.
Depresi	:	kelainan pada manusia karena ketengan syaraf.
Deviasi	:	sudut antara sinar yang masuk dan yang keluar pada prisma.
Diafragma	:	bagian pada kamera untuk mengatur banyaknya sinar yang masuk.
Diapositif	:	gambar yang tembus cahaya, warna gambar sesuai dengan warna bendanya.
Diaskop	:	alat untuk memproyeksikan benda tembus cahaya.
Dikotil	:	biji dengan dua kotiledon.
Dinamometer	:	alat untuk mengukur berat benda.
Dioptri	:	satuan kekuatan lensa.
Dispersi	:	penguraian cahaya putih oleh prisma menjadi warna spektrum.
Divergen	:	berkas cahaya yang memancar.
Duromer	:	plastik yang tahan terhadap panas.
Eksitasi	:	perpindahan elaktron dari suatu kulit ke kulit yang lebih luar dalam suatu atom.
Ektoderm	:	lapisan luar tubuh.

Elektron	:	partikel dalam atom yang bermuatan listrik negatif.
Email	:	lapisan yang melindungi mahkota gigi.
Emetrop	:	mata normal.
Empedu	:	cairan yang dihasilkan hati.
Epidiaskop	:	alat yang merupakan gabungan dari episkop dan diaskop.
Episkop	:	alat untuk memproyeksikan benda tidak tembus cahaya.
Estrogen	:	hormon yang merangsang penebalan dinding rahim.
Expired date	:	batas tinggal yang masih diperbolehkan untuk mengonsumsi suatu makanan.
Fatamorgana	:	bayangan dari benda-benda yang letaknya sangat jauh yang pemantulan sempurna oleh lapisan atmosfer.
Fertilisasi	:	peleburan inti sel telur dan sperma.
Fibrinogen	:	protein darah.
Flavour	:	penyedap rasa dan warna pada makanan.
Fotolisis	:	pemecahan molekul air dengan energi cahaya.
FSH	:	hormon pemicu pembentukan folikel sel telur/ovarium.
Fungisida	:	bahan kimia pembasmi jamur.
Gametogenesis	:	pembentukan sel-sel kelamin.
Ganggang	:	organisme kelompok tumbuhan tingkat rendah.
Garis normal	:	garis lurus yang tegak lurus bidang pantul atau bidang batas melalui titik jatuh sinar.
Gaung	:	bunyi pantul yang sebagian terdengar bersama-sama dengan bunyi asli.
Gaya (force)	:	sesuatu yang menghasilkan percepatan terhadap sebuah benda.
Gaya gesekan (Fg)	:	gaya reaksi dari tempat benda berada jika pada benda itu bekerja gaya mendatar.
Gaya normal (N)	:	gaya reaksi dari tempat suatu benda berada akibat benda itu yang arahnya berlawanan dengan arah gaya berat.
Gelombang	:	rambatan getaran atau rambatan energi getar.
Gema	:	bunyi pantul yang terdengar setelah bunyi asli.
Gerabah	:	keramik yang dibuat dari tanah liat dan pasir dengan pemanasan sampai 1.000°C.
Gerhana	:	peristiwa terhalangnya sinar matahari oleh bumi atau bulan sehingga keadaan bumi tidak seperti layaknya.
Getaran	:	gerakan bolak-balik secara teratur terhadap sebuah titik seimbang.
Gliserol	:	molekul penyusun lemak.
Globulin	:	protein plasma darah.
Glukosa	:	sejenis senyawa gula.
Ground wave	:	gelombang radio yang merambat sejajar permukaan tanah.
Half life	:	waktu yang dibutuhkan suatu unsur radioaktif untuk meluruh hingga kemampuannya tinggal separuh dari mula-mula.
Halusinasi	:	perasaan yang terasa ringan dan melayang-layang yang dirasakan pemakainya.
Halusinogen	:	obat yang dapat menyebabkan halusinasi pemakainya.
Herbisida	:	bahan kimia pembasmi tumbuhan pengganggu.
Hewan tripoblastik	:	hewan yang memiliki tiga lapisan, yaitu ektoderm, endoderm, mesoderm.
Homeostasis	:	proses fisiologis tubuh untuk mencapai keadaan setimbang.
Imago	:	hewan dewasa.
Infrasonik	:	getaran bunyi yang frekuensinya kurang dari 20 Hz.

Insektisida : bahan kimia pembasmi serangga.
Insektisida : bahan kimia pembasmi serangga.
Insersio : ujung otot yang melekat pada tulang yang relatif aktif.
Interval : perbandingan frekuensi suatu nada terhadap frekuensi nada yang lebih rendah.
Ion : partikel yang bermuatan listrik.
Isotop : atom yang memiliki nomor atom sama, tetapi nomor massa berbeda.
Janin : perkembangan dari zigot.
Jantung : organ sistem sirkulasi.
Jaringan fibrosa : jaringan yang tersusun dari serat kolagen.
Kafein : zat adiktif yang terdapat dalam teh dan kopi.
Kapasitas vital paru-paru : kapasitas volume udara maksimal yang dapat dihirup dan dihembuskan saat bernapas.
Kapilaritas : gejala yang terjadi pada pipa kapiler.
Kation : ion yang bermuatan listrik positif.
Kecepatan : jarak yang ditempuh tiap satuan waktu.
Kekuatan lensa : kemampuan lensa untuk mengumpulkan atau memancarkan cahaya.
Keramik : bahan yang terbentuk jika tanah liat dan campurannya dipanaskan dengan suhu tinggi.
Koefisien gesekan : perbandingan antara gaya gesekan dengan gaya normal.
Koenzim : senyawa yang berfungsi sebagai faktor pendukung enzim.
Kohesi : tolak menolak antar molekul dalam suatu larutan.
Kokain : zat pembius yang berasal dari pohon erythroxylon coca.
Komplementer : dua warna cahaya yang jika disatukan menjadi warna cahaya putih.
Korteks : lapisan di bawah epidermis pada tumbuhan dikotil.
Kretinisme : kerdil karena kekurangan iodium.
Kuasa : gaya yang dikerjakan pada pesawat untuk mengangkat beban.
Kutikula : lapisan lilin pada epidermis.
Larva : tingkat perkembangan hewan setelah telur.
Lavarsida : bahan kimia pembasmi larva serangga.
Lekopeni : kondisi jumlah leukosit di bawah normal.
Lempengan tapis : satuan struktur anggota pembuluh tapis pembentuk floem.
Lengan beban : jarak antara titik beban dengan titik tumpu.
Lengan kuasa : jarak antara kuasa dengan titik tumpu.
Lensa : benda tembus cahaya (bening) yang dibatasi oleh dua buah bidang lengkung atau sebuah bidang lengkung dan sebuah bidang datar.
Leukositosis : kondisi jumlah leukosit di atas normal.
Lipase : enzim yang mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol.
Maltosa : gabungan antara gula dengan gula.
Manometer : alat untuk mengukur tekanan gas di ruang tertutup.
Menarche : menstruasi pertama kali
Menopause : masa berhenti organ reproduksi wanita.
Meristem : jaringan yang tersusun dari sel-sel yang aktif membelah.
Mesoderm : lapisan antara ektoderm dan endoderm.
Mesofil : jaringan antara epidermis atas dan epidermis bawah.
Miopi : cacat mata tidak dapat melihat dengan jelas benda-benda yang jauh letaknya.
Molekul : bagian terkecil dari suatu zat yang masih bersifat sama dengan zat

asalnya.

Monokotil	:	biji dengan kotiledon tunggal.
Monokromatik	:	sinar tunggal karena tidak dapat diuraikan lagi.
Nekrosis	:	kondisi jaringan yang telah mati.
Nematisida	:	bahan kimia pembasmi cacing.
Nematoda	:	sejenis cacing.
Neonatus	:	periode bayi baru lahir.
Neutron	:	partikel dalam atom yang tidak bermuatan listrik.
Newton (hukum)	:	hukum-hukum mengenai gaya terhadap benda.
Nikotin	:	zat adiktif yang terdapat pada tembakau.
Nomor atom	:	banyaknya proton yang ada dalam inti atom.
Nomor massa	:	banyaknya proton dan neutron yang ada dalam inti atom.
Opoida	:	jenis narkotika yang berasal dari bunga opium.
Optik	:	alat yang berhubungan dengan cahaya.
Optika	:	ilmu tentang cahaya.
Origo	:	ujung otot yang melekat pada tulang yang cenderung diam.
Ovarium	:	organ reproduksi wanita yang menghasilkan ovum (sel telur)
Overdosis	:	keracunan akibat pengguna obat melebihi takaran yang ditentukan.
Ovisida	:	bahan kimia pembasmi telur serangga.
Parasit	:	bersifat pengganggu.
Patogen	:	sifat yang dapat menyebabkan penyakit.
Penumbra	:	bayang-bayang dari benda tak tembus cahaya yang tidak terlalu gelap.
Pepsin	:	enzim yang mengubah protein menjadi pepton.
Pepton	:	molekul pecahan dari protein.
Perikardium	:	selaput jantung.
Periode	:	unsur-unsur yang berada pada garis mendatar pada sistem berkala unsur.
Pipa pindah	:	alat untuk memindahkan zat cair dari tempat tinggi ke tempat rendah.
Pipet	:	alat untuk memindahkan zat cair dalam jumlah yang sedikit.
Plastomer	:	plastik yang tidak tahan terhadap panas.
Pleura	:	lapisan yang membungkus paru-paru.
Polikromatik	:	sinar majemuk, artinya dapat diuraikan menjadi sinar warna lain.
Presbiop	:	cacat mata akibat usia tua sehingga daya akomodasi mata sudah berkurang.
Proton	:	partikel dalam atom yang bermuatan listrik positif.
Protoplasma	:	bagian sel selain sitoplasma, terdiri atas organel-organel sel.
Protozoa	:	organisme golongan protista.
Pulp	:	bahan dasar pembuat kertas dari kayu atau jerami.
Punctum remotum	:	titik jauh, yaitu titik paling jauh yang dapat dilihat mata dengan jelas tanpa berakomodasi.
Ragi	:	bahan pengembang makanan alami yang diperoleh dari jamur.
Renin	:	enzim yang dapat menggumpalkan protein susu dari air susu.
Resin	:	bahan pelarut pada cat.
Resonansi	:	peristiwa turut bergetarnya sebuah benda akibat getaran benda lain.
Rodentisida	:	bahan kimia pembasmi tikus.
Sakarin	:	pemanis buatan yang tingkat kemanisannya 400 kali kemanisan gula asli.

Serealia : bahan makanan berasal dari tanaman jenis padi-padian.
Siklamat : pemanis buatan yang tingkat kemanisannya 60 kali kemanisan gula asli.
Simbiosis : hubungan interaksi antarorganisme yang berbeda jenis.
Sintesis DNA : proses penyusunan molekul DNA.
Sistol : gerakan jantung memompa darah keluar jantung.
Sky wave : gelombang radio menuju atmosfer dan dipantulkan lagi oleh ionosfer ke bumi.
Sonometer : alat untuk membuktikan hukum Mersenne.
Space wave : gelombang radio menuju atmosfer dan terus menuju angkasa.
Spektrum : susunan warna cahaya akibat penguraian warna cahaya putih atau lainnya.
Stimulan : jenis obat untuk membuat orang lebih aktif, bersemangat, dan kuat bekerja.
Stomata : pori/celah di antara epidermis pada organ daun.
Substraksi : warna hasil dua atau lebih zat warna yang dicampur.
Sudut batas : sudut datang yang mempunyai sudut bias 90° atau sudut datang yang sinar biasnya berimpit dengan bidang batas.
Sudut dispersi : sudut antara sinar ungu dan sinar merah pada spektrum.
Sumber getar : benda yang menghasilkan getaran.
Tar : bahan kimia beracun dalam rokok.
Tendon : ujung otot yang melekat pada tulang.
Termogram : tulisan hasil kerja termograf.
Termometer : alat untuk mengukur suhu
Termostat : alat untuk mengatur suhu ruangan agar selalu pada batas tertentu.
Teropong : alat untuk melihat benda yang letaknya jauh.
Timbre : bunyi sebuah sumber bunyi akan kedengaran berbeda dengan sumber bunyi lain walaupun frekuensinya sama.
Titik acuan : benda atau tempat yang ditetapkan untuk melihat gerak suatu benda.
Titik bayangan : titik potong sinar-sinar pantul atau sinar-sinar bias.
Titik beban : tempat benda diletakkan.
Titik benda : titik potong sinar-sinar datang.
Titik kuasa : tempat kita melakukan kerja.
Titik tumpu : tempat pesawat ditumpu.
Tripsin : enzim yang mengubah protein menjadi asam amino.
Udara tidal : pernapasan biasa orang dewasa.
Ultrasonik : bunyi yang berfrekuensi lebih dari 20.000 Hz.
Ultraviolet : cahaya pada spektrum yang tidak terlihat dan mempunyai efek kimia paling besar.
Vena : pembuluh darah menuju jantung.
Virus : partikel yang bisa memiliki sifat hidup maupun tak hidup.

Indeks

Lampiran

Simbol	Satuan
A	ampere
Å	angstrom
atm	atmsofer
Btu	satuan termal British
C	coulomb
cm	centimeter
°C	derajat Celsius
°F	derajat Fahrenheit
°K	derajat Kelvin
°R	derajat Reamur
eV	elektron volt
F	farad
mF	mikroFarad
ft	kaki
G	gauss
g	gram
H	henry
h	jam
hp	daya kuda
Hz	hertz
in.	inci
J	joule
kal	kalori
kkal	kilokalori
kg	kilogram
km	kilometer
kmol	kilomole
L	liter
lb	pound
m	meter
mnt	menit
mol	mole
N	newton
Pa	pascal
ρ	massa jenis
rad	radian
rev	revolution
s	sekon
sma	satuan massa atom
T	tesla
V	volt
W	watt
Wb	weber
Ω	ohm

Kunci Jawaban

Evaluasi Diri 1

1.	b	6.	c
2.	a	7.	a
3.	d	8.	d
4.	d	9.	a
5.	a	10.	c

Evaluasi Diri 2

1.	b	6.	a
2.	d	7.	a
3.	a	8.	b
4.	d	9.	c
5.	c	10.	b

Evaluasi Diri 3

1.	c	6.	c
2.	a	7.	b
3.	a	8.	b
4.	c	9.	a
5.	a		

Evaluasi Diri 4

1.	d	6.	b
2.	a	7.	b
3.	b	8.	c
4.	b	9.	d
5.	b	10.	d

Evaluasi Diri 5

1.	d	6.	c
2.	d	7.	a
3.	a	8.	b
4.	d	9.	c
5.	d		

Evaluasi Diri 6

1.	c	6.	b
2.	d	7.	d
3.	d	8.	a
4.	b	9.	b
5.	a	10.	d

Evaluasi Diri 7

1. d
2. b
3. d
4. a
5. c
6. c
7. d
8. d
9. a
10. c

Evaluasi Diri 8

1. c
2. a
3. b
4. a
5. d
6. c
7. c
8. a
9. d
10. c

Evaluasi Diri 9

1. a
2. b
3. a
4. d
5. b
6. b
7. d
8. c
9. c
10. d

Evaluasi Diri 10

1. b
2. c
3. a
4. d
5. b
6. a
7. a
8. c
9. a
10. d
11. b
12. d
13. b
14. -
15. b

Evaluasi Diri 11

1. c
2. c
3. d
4. a
5. c
6. a
7. b
8. a
9. c
10. c
11. b
12. c
13. d
14. b
15. d
16. d
17. b
18. d
19. c

Eveluasi Diri 12

1. c
2. a
3. c
4. d
5. c
6. a
7. b
8. b
9. d
10. a
11. a
12. d
13. b
14. c
15. a

Evaluasi Diri 13

1. c
2. d
3. a
4. b
5. c
6. d
7. c
8. a
9. b
10. a
11. a
12. c
13. d
14. a
15. b

Evaluasi Diri 14

1.	d	6.	a	11.	d
2.	b	7.	c	12.	b
3.	d	8.	d	13.	a
4.	c	9.	d	14.	a
5.	d	10.	d	15.	b

Evaluasi Diri 15

1.	c	6.	c	11.	b
2.	b	7.	b	12.	b
3.	c	8.	b	13.	b
4.	d	9.	a	14.	b
5.	a	10.	a	15.	b

Evaluasi Diri 16

1.	d	6.	c	11.	a	16.	d
2.	b	7.	a	12.	b		
3.	c	8.	-	13.	d		
4.	d	9.	d	14.	c		
5.	a	10.	a	15.	a		

Evaluasi Diri 17

1.	b	6.	a	11.	b
2.	c	7.	b	12.	d
3.	a	8.	b	13.	a
4.	b	9.	a	14.	a
5.	b	10.	c	15.	d

Evaluasi Diri 18

1.	d	6.	c	11.	c
2.	d	7.	d	12.	d
3.	b	8.	a	13.	a
4.	d	9.	d	14.	b
5.	b	10.	c	15.	a

Evaluasi Diri 19

1.	c	6.	a	11.	c	16.	b
2.	c	7.	d	12	b	17.	b
3.	d	8.	a	13.	c	18.	b
4.	b	9.	a	14.	a	19.	c
5.	a	10.	d	15.	b	20.	d

Evaluasi Diri 20

1.	a	6.	c	11.	d	16.	d
2.	d	7.	a	12.	a	17.	b
3.	c	8.	b	13.	c	18.	c
4.	b	9.	b	14.	a	19.	b
5.	d	10.	b	15.	c	20.	d

Kunci Jawaban Soal-soal Akhir Buku

1.	b	21.	d	41.	d
2.	b	22.	b	42.	a
3.	b	23.	c	43.	c
4.	a	24.	a	44.	d
5.	c	25.	b	45.	a
6.	c	26.	a	46.	a
7.	a	27.	b	47.	c
8.	c	28.	c	48.	d
9.	d	29.	b	49.	b
10.	c	30.	c	50.	c
11.	d	31.	c	51.	d
12.	b	32.	c	52.	a
13.	c	33.	d	53.	c
14.	d	34.	c	54.	a
15.	d	35.	a	55.	d
16.	b	36.	b	56.	c
17.	b	37.	a	57.	b
18.	a	38.	a	58.	d
19.	b	39.	c	59.	a
20.	c	40.	b	60.	b

Cerdas Belajar IPA

Untuk SMP/MTs Kelas VIII

IPA merupakan kumpulan pengetahuan tentang alam sekitar, termasuk manusia di dalamnya yang terkait satu sama lain. Dengan mempelajari IPA, peserta didik diajak untuk memahami dunianya, tempat ia hidup dan bertindak lebih rasional. Artinya, peserta didik dapat bertindak atas dasar data, fakta, dan hukum sebab akibat (kausalitas) yang ditimba dari kerja IPA.

IPA menjadi dasar perkembangan teknologi maju dan konsep hidup harmonis dengan alam. IPA memberikan pelajaran yang baik untuk hidup selaras berdasarkan hukum alam. Sejalan dengan itu, pembelajaran IPA perlu mengedepankan proses penemuan dan penerapan dalam kehidupan sehari-hari.

Buku Cerdas Belajar IPA ini disusun untuk membantu proses pembelajaran yang menekankan pada pemberian pengalaman langsung dalam mengembangkan kompotensi agar peserta didik dapat menjelajah dan memahami alam sekitar secara ilmiah.

ISBN 978-979-068-123-1 (No.Jil.Lengkap)
ISBN 978-979-068-125-8

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 34 Tahun 2008 tanggal 10 Juli 2008 tentang Penetapan Buku Teks yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam proses pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp 16.282